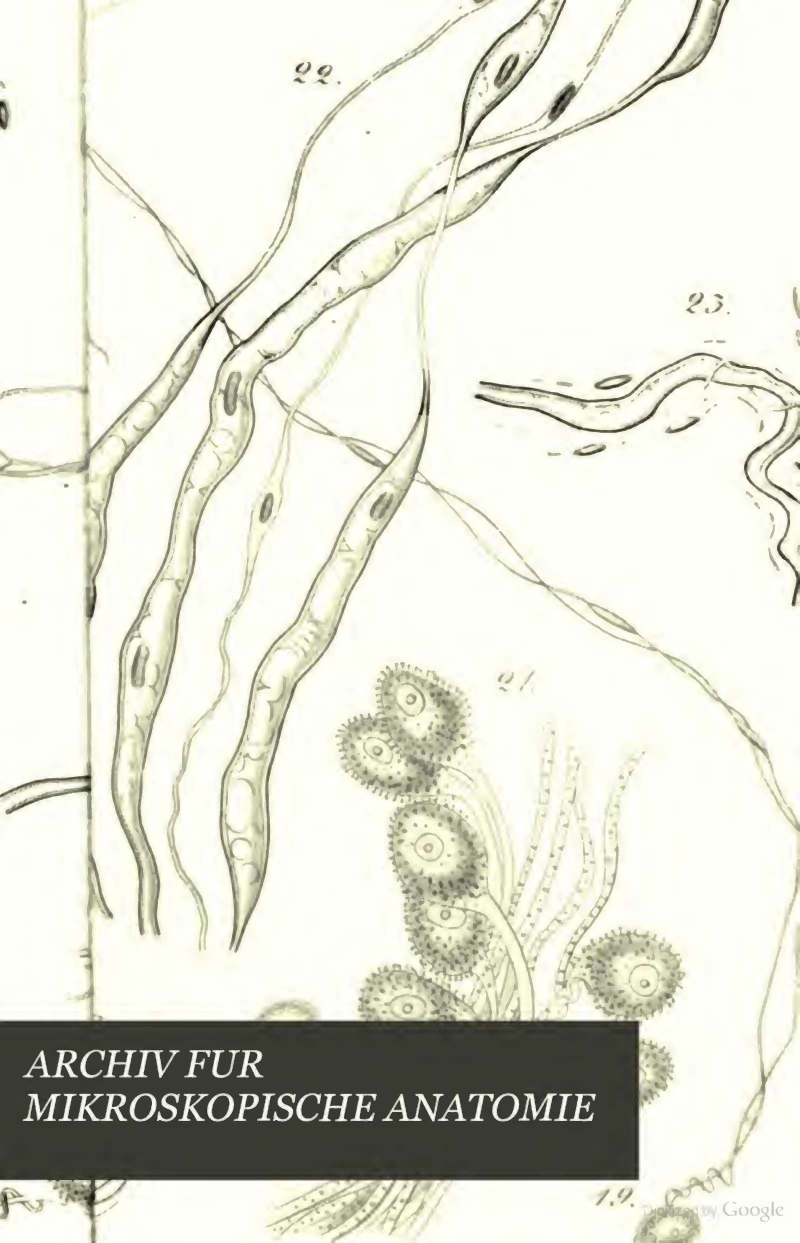


ARCHIV FUR MIKROSKOPISCHE ANATOMIE

Archiv

für

Mikroskopische Anatomie

herausgegeben

von

Max Schultze,
Professor der Anatomie und Director des Anatomischen Instituts
in Bonn.

Zweiter Band.

Mit 25 zum Theil colorirten Tafeln.

Bonn.
Verlag von Max Cohen & Sohn.
1866.

Inhalt.

Der feinere Bau der Spinnorgane von Epeira.

Eine vergleichend histologische Untersuchung.

Von

Hermann Oeffinger in Freiburg.

Hierzu Taf. I.

Die Spinnwarzen, deren Epeira drei Paare besitzt, liegen unterhalb des Afters der Art gruppirt, dass die unteren und die oberen in ihrer Gliederzahl sich entsprechen, während die mittleren von diesem Baue abweichen. Erstere sind nämlich dreigliederig, letztere haben nur zwei Glieder. Eine einzelne Spinnwarze gleicht einem stumpfen Höcker und trägt auf ihrer Oberfläche das eigentliche »Spinnfeld« mit den sogleich näher zu beschreibenden »Spinnröhrchen« oder »Spinnspulen.« Die einzelnen Glieder dieser Spinnwarzen sind übrigens bei keinem einzigen Paare vollständig. Bei den oberen sind das zweite und dritte Glied schief abgestutzt und bietet deren Oberfläche darum den Anblick eines schrägen Ovals; ebenso ist das zweite Glied des mittleren Paares schief abgestutzt. Das untere Paar dagegen hat eine gerade Endfläche und ist dessen drittes Glied quer abgestutzt.

Sämmtliche Spinnwarzen sind mit eigenthümlichen hornartigen, gelblich braunen Gebilden besetzt, welche den Namen Spinnröhrchen oder Spinnspulen führen, und welche schon von Leeuwenhoek (Continuat. arcan. natur. 1719. Epist. 138. p. 326. fig. 5 u. 6) abgebildet wurden.

In derselben Weise haben sie später Rösel (Insecten-Belustigungen Th. IV. Tab. 38. Fig. 4); Lyonet (Mémoir. du Museum d'hist. natur. Tom. 18. 1829. p. 387. Planche 19. fig. 6—12); Wasman (Abhandl. des naturwissensch. Vereins in Hamburg 1840. p. 20.

Fig. 31—40) und Heinrich Meckel in seiner Arbeit über »einige Drüsenapparate der niederen Thiere« (Müller's Archiv 1846. p. 50. 51. Tab. III. Fig. 43. 44. 45) gesehen und beschrieben. Letzterer, dem wir die genaueste Darstellung des fraglichen Gegenstandes, wie der mikroskopischen Verhältnisse des ganzen Spinnapparates überhaupt verdanken, kennt auch schon verschiedene Arten von Spinnspulen, je nachdem sie der einen oder der anderen Art der Spinndrüsen, deren er fünf unterscheidet, angehören. In Beziehung auf manches Detail bedürfen jedoch seine Angaben mancher Berichtigungen, wie derselbe namentlich auch den Zusammenhang der Röhrchen mit den zuführenden Drüsenschläuchen nicht in der richtigen Weise abgebildet hat.

Die Spinnröhrchen bestehen im Allgemeinen aus zwei Theilen, einem breiteren, in der Regel auch längeren Basaltheile von der Gestalt eines überall gleich weiten Rohres oder Cylinders (Fig. 1—5, a), in welches der zu leitende Schlauch sich einsenkt, und welches mit einem ringförmig verdickten Ende auf dem Spinnfelde aufsitzt. Diese ringförmige Verdickung (Fig. 1—3 α), welche ich bei Meckel (a. a. O. Fig. 73) vermisse, scheint einfach der Wand des Cylinders anzugehören und man kann unschwer sehen, wie der unten weit abstehende doppelte Contour nach oben allmählich näher an einander rückt und endlich sich nicht weiter verfolgen lässt.

In manchen Präparaten, zumal in solchen, welche längere Zeit mit Aetzkali behandelt sind, lösen sich diese Verdickungsringe von den Basalcylindern ab und man sieht sie dann in einiger Distanz von dem gemeinsamen Rohre hier und dort auf die Seite geklappt liegen, ähnlich einem Fingerring, durch welchen eine Schnur gezogen ist. Die Stelle der Schnur vertritt hier der zuleitende Drüsenausführungsgung, der durch eine bedeutende Widerstandsfähigkeit gegen Aetzkali und gegen Reagentien überhaupt ausgezeichnet ist (Fig. 9).

Der Basalcylinder zeigt in seiner ganzen Länge sehr feine Längsstreifen und es ist sein oberes Ende, auf welchem ein verjüngtes, dem Ansatzrohre einer gewöhnlichen Injectionsspritze ähnliches Endstück aufsitzt, gefranzt (vergl. Fig. 1. k).

In dieser Weise verhalten sich die Spinnspulen derjenigen Drüsen, welche wir unten als birnförmige näher charakterisiren werden. Die Spulen der anderen Drüsenarten weichen im Einzelnen mehr oder weniger von diesem Schema ab. Der in den Basaltheil ein-

tretende Drüsenschlauch nun, den Meckel offenbar nicht weiter verfolgt hat (a. a. O. Fig. 43), verläuft, wie man sich nach vorausgegangener, längerer Behandlung mit kalter Kalilauge unschwer überzeugt, in der Achse des Basalgliedes bis zu dem obern Ansatzrohre, in dessen Lumen derselbe unmittelbar übergeht. Mit anderen Worten dieses Endstück der Spinnspule ist weiter Nichts, als das verdickte Ende des Drüsenausführungsganges.

Der Verlauf des Ganges im Basalcylinder ist bald ein ganz gerade gestreckter, bald — und das sind gerade die für die Deutung des fraglichen Gebildes als selbstständiger Schlauch instructivsten Bilder — in vielfachen, schlangenförmigen, zum Theil spiraligen Windungen (Fig. 1 u. 6).

Ich halte mich für vollkommen berechtigt, aus letzterem Verhalten den Schluss zu ziehen, dass man es hier mit einem eigenthümlichen Gebilde und nicht etwa bloss mit einem in der Substanz des Basalrohres ausgesparten Hohlraume zu thun habe und glaube bestimmt annehmen zu dürfen, dass diese Windungen die Erzeugnisse der Einwirkung der Reagentien, in specie des Aetzkali sind, um so mehr, weil dieser Verlauf der seltenere ist. Behandelt man die Objecte einfach mit Wasser, so begegnet man dieser Verlaufsart so gut, wie nie. Ganz eigenthümlich verhalten sich diese Spinnspulen beim Kochen mit starken (20% : 30%) Kalilösungen. Während kaltes Kalihydrat dieselben nur im Allgemeinen etwas durchsichtiger macht, indem dasselbe ihnen eine hellere Nuance verleiht, treten nach einiger Zeit beim Kochen in den Basalcylindern leichte Granulirungen auf, zwischen welchen grössere, meist rundlich gestaltete, stark glänzende, graulichweisse, fettähnliche Kugeln zerstreut liegen (Fig. 7).

Mit dem Auftreten dieser Körnchen verschwindet der Ausführungsgang in dem Basalgliede und nach kurzer Frist beginnt auch das Aufsatzröhrchen oder, wie wir besser sagen wollen, das verdickte Ende des Ausführungsganges sich von dem Cylinder abzulösen und in kleinere Molekel zerfallend zu verschwinden. In den meisten Fällen sieht man dasselbe unmittelbar nach dem Unsichtbarwerden des Centralschlauches, sich zur Seite neigen und wie seines Haltes beraubt, umsinken.

Es scheint mir auch hierin eine Stütze für meine Ansicht zu liegen, dass diese Ansatzröhrchen nur die verdickten Enden der Drüsenausführungsgänge seien.

Setzt man das Kochen noch etwas länger fort, so verschwinden die feinen Granulationen, indem sie sich zu grösseren, anfangs rundlichen, später durch wechselseitig ausgeübten Druck viereckigen und polygonalen Massen von eigenthümlich graulicher Farbe und beträchlichem Glanze zusammenballen. Diese sind den so eben beschriebenen zuerst auftretenden Körnern vollkommen gleich (vergl. Fig. 8), und füllen den Binnenraum der Basalcylinder vollkommen aus.

Jetzt tritt auch der Contour dieser Gebilde auf das Schönste neben diesen Massen hervor (a. a. O. β). Auf welche Weise entstehen diese Coagula?

Meines Erachtens liegen drei Möglichkeiten vor: entweder der Drüsenschlauch wird durch das Kochen aufgelöst und scheidet sich in diese Conglomerate ab, oder es coagulirt die in dem Spinnröhrchen, speciell dem Basalcylinder allenfalls noch enthaltene Spinnmaterie oder endlich dieser selbst erleidet durch die Behandlung die angegebenen Veränderungen.

Für die erste Möglichkeit scheint der Umstand zu sprechen, dass in der That der Ausführungsgang sich der Beobachtung entzieht, wenn diese Scheidung in Körner auftritt; nichts desto weniger aber ist mir diese Entstehungsweise unwahrscheinlich, einmal weil die zusammengeballten Massen zu gross sind — sie füllen ja das ganze Basalglied vollkommen aus — und dann weil ich mir nicht recht denken kann, dass erst mit fortgesetztem Kochen diese gröberen Molekel auftreten sollten, während doch schon anfangs feinerer Detritus vorliegt.

Die Spinnmaterie ferner ist wohl schon von Anfang an durch die Einwirkung des absoluten Alkohols coagulirt, wenigstens gelingt es nicht an den damit behandelten Präparaten einen Spinnfaden aus den Spulen hervorzupressen, was ohne vorhergegangene Alkoholeinwirkung leicht möglich ist.

Es wird also wohl nur die dritte Entstehungsweise zulässig sein, die, dass der Basalcylinder selbst die angedeuteten Veränderungen eingeht. Dafür spricht auch der weitere Erfolg des fortgesetzten Kochens mit Aetzkali. Da lösen sich nämlich die ganzen Cylinder in eigenthümliche, unregelmässig gestaltete, zum Theil faserartige, zum Theil platten- und schuppenähnliche Gebilde auf, unter welchen es nicht selten gelingt Massen zu entdecken, die denjenigen ganz ähnlich sind, welche aus den borsten- oder haarartigen Chitingebilden entstehen, die um das Spinnfeld herum stehen und

überhaupt, wechselnd in Anzahl und Grösse auf der ganzen Oberfläche des Thieres zerstreut sich finden. Wenn man diese der nämlichen Behandlung unterzieht, so tritt eine Scheidung in die constituirenden Elemente (Zellen) ein, wenn auch bei weitem langsamer und später, was wohl in dem specifisch verschiedenen Baue beider Bildungen seine hinlängliche Begründung findet. Gerade aus der Aehnlichkeit der Zerfallsproducte beider bei der gleichen Behandlung scheint mir eine gewisse generelle Zusammengehörigkeit mit Wahrscheinlichkeit hervorzugehen; mit anderen Worten, ich meine mich nicht zu irren, wenn ich auch die Basalglieder den epidermoidalen Bildungen anreihe, welchen die Borsten und Haare ganz unzweifelhaft zugezählt werden müssen.

Spinnröhrchen von der so eben ausführlich beschriebenen Art finden sich nun auf dem eigentlichen Spinnfelde der Warzen in verschiedener Anzahl und Grösse. Sie sind derart gruppirt, dass die peripherischen mit ihren Ausmündungen gegen das Centrum sich hinneigen, also eine schiefe Richtung haben. Offenbar ist diess darauf berechnet, dass sich die einzelnen Spinnfäden sogleich zu dem gemeinsamen, dickeren Faden vereinigen können. Zahl und Länge der einzelnen Spulen scheinen zum guten Theil von dem Alter des fraglichen Thieres abhängig zu sein. So zählte Blackwall bei der Gattung Epeira deren im Durchschnitt 1000 und machte es für Drassus ater wahrscheinlich, dass die Zahlen in einem gewissen Abhängigkeitsverhältnisse stehen zu dem Alter und den überstandenen Häutungen (a. a. O. p. 219).

Im Uebrigen wechselt die Anzahl auch nach dem Stande und haben die mittleren Warzen im Allgemeinen weniger zahlreiche Spinnröhrchen der Art, als das obere und das untere Spinnwarzenpaar.

Die Spinnspulen der anderen Arten Drüsen des Spinnfeldes unterscheiden sich von den so eben chrakterisirten namentlich durch Grössenverhältnisse.

Sie sind im Allgemeinen etwas kürzer als die mittlere Länge der ersteren beträgt; dagegen übertrifft ihr Breiten- (Dicken-) Durchmesser den aller vorigen im Durchschnitt um das Doppelte. Der obere, glashelle Aufsatz ist immer länger als das Basalstück, ein Verhalten, welches sich nur bei den kürzesten Spulen der obigen Art findet. Das Basalstück hat überhaupt nicht eben viel Aehnlichkeit mit dem der vorigen Art, erinnert auch weniger an ein cylin-

drisches Rohr, sondern sitzt wie ein Kragen, oder eine Halskrause lose an dem Endstück, dessen Zusammenhang mit dem Drüsenausführungsgang namentlich deutlich ist und auch schon von Heinrich Meckel (a. a. O. Fig. 44. 45) in der richtigen Weise abgebildet wurde. Ganz genau zeichnet dieser sorgfältige Beobachter auch die allmähliche Ausweitung des Lumens mit darauf folgender Verschmälerung gegen die Spitze hin.

Die Spulen der Glandulae cylindricae, ampullaceae und aggregatae sind einander ganz ähnlich, unterscheiden sich im Wesentlichen nur durch ihre Dimensionen und das mehr oder weniger abgerundete Ende des Ansatzstückes von einander, ohne dass wir jedoch auf letzteres Verhalten ein besonderes Gewicht legen möchten (Fig. 4 u. 5).

Gehen wir nunmehr zur Betrachtung derjenigen Elemente des Spinnapparates über, welche das Secret zu liefern bestimmt sind, das durch die beschriebenen Röhrchen austretend den Spinnfaden bildet, so unterscheidet man seit H. Meckel folgende Arten secretorischer Organe:

1) Glandulae piriformes; 2) Glandulae cylindricae; 3) Glandulae ampullaceae; 4) Glandulae aggregatae und 5) Glandulae tuberosae.

1) Glandulae piriformes, aciniformes (Meckel) beerenförmige, birnförmige Drüschen.

Diese kommen allen Spinnwarzen zu, sind einfache Bläschen von 0,09''' Querdurchmesser und 0,15''' Länge, an einem Ende zugespitzt und münden mit eben diesem Ende in einen langen Ausführungsgang von etwa 0,002''' und weniger Durchmesser aus, welcher in einem Spinnröhrchen der erst beschriebenen Art auf die angegebene Weise endigt. Solcher Ausführungsgänge verlaufen zuweilen eine beträchtliche Anzahl in einem Bündel zusammen und es schlingen sich dieselben in den mannichfachsten Windungen um- und durcheinander. Die einzelnen Gänge erscheinen als einfache Schläuche und lassen in ihren Wandungen nirgends eine Andeutung von Structur erkennen. Zwischen diesen kleineren Bläschen finden sich vereinzelte grössere, welche in ihrem Baue genau ebenso sich verhalten, wie erstere (vergl. Fig. 10 u. 11).

Gegen Reagentien verhalten sich die Drüsen selbst sowohl, als insonderheit ihre Ausführungsgänge ziemlich indifferent, während doch die ersteren gegen Druck meistentheils äusserst empfindlich sind und leicht ihre regelmässige Gestalt verlieren.

Kalihydrat hebt zwar ihre Contouren deutlicher hervor, in-

dem es das Zwischengewebe durchsichtig macht. Essigsäure dagegen scheint sie gar nicht anzugreifen. Ueberosmiumsäure färbt die Schläuche von dem Spinnfelde her nach längerer (48 und mehrstündiger) Einwirkung in concentrirter Lösung (1 : 200 und 1 : 300) intensiv violett. Letztere Lösungsverhältnisse wurden mir von Herrn Prof. Dr. Max Schultze zu gewissen anderen Zwecken angerathen, der mit anerkennenswerther Gefälligkeit auf meine briefliche Anfrage mir seine Erfahrungen über die passenden Concentrationsgrade zum Theil noch ehe er sie in seinem Archiv veröffentlichte, mittheilte, wofür ihm öffentlich Dank zu sagen ich nicht unterlassen will. Ich habe mehrfach mit diesen Lösungen gearbeitet und dieselben für die meisten Zwecke als bestgeeignete erfunden.

Die Drüsenblasen liegen in dichten Gruppen beisammen und enthalten einen offenbar im frischen Zustande deutlich flüssigen, zähen, klebrigen Inhalt, eine Art Spinnmaterie, wahrscheinlich verschieden in den verschiedenen Drüsenarten. Dieser coagulirt bei Behandlung der Präparate mit absolutem Alkohol, den ich zur Erhärtung der Versuchsthiere zu benutzen pflegte und den ich hiefür am geeignetsten fand, und sondert sich dabei in einzelne rundliche Klümpchen oder Tröpfchen und Körnchen, welche nicht nur die ganze Höhle der Zelle ausfüllen, sondern auch meistens den grössten Theil des Gesichtsfeldes einnehmen, wenn zuvor hinreichende Quantität der Spinnmaterie aus den absondernden Organen ausgetreten ist.

In ganz frischen, nicht erhärteten Präparaten oder auch wohl in solchen, die vor der Erhärtung mit Ueberosmiumsäure behandelt sind, bekommt man öfters eine epithelartige Lage von Zellen mit einfachem Kern zu Gesicht (Fig. 10), welche zu isoliren mir indessen in keinem Falle gelungen ist. Jedenfalls sind diese Befunde die selteneren.

Die aciniformen Drüschen sind in ihrer Gesammtheit jederseits zu drei mikroskopischen Läppchen vereinigt, deren je eines einer Spinnwarze entspricht, und welche ihrer starren, hornigen Ausführungsgänge halber mit einer Pincette leicht aus dem anliegenden Fettkörper herausgezerrt und isolirt werden können.

Die Ausführungsgänge treten an der Basis der Spinnwarze, am Warzenfusse ein, dessen ganze Breite sie fast einnehmen und man sieht durch die korkzieherartig und schraubenförmig nach allen möglichen Richtungen durcheinander gewundenen feineren Schläuchchen

die einzelnen massigeren Ausführungsgänge der anderen Drüsenarten sich hindurchdrängen.

2) Glaudulae cylindricae, tubuliformes (H. Meckel), cylindrische, schlauchförmige Drüsen, sind lange gewundene, einfache, in dem weitaus grössten Theile ihres Verlaufes gleich weite Schläuche mit blindem Ende und mässig verjüngtem Ausführungsgange. Sie münden auf Spulen der zweiten Art aus, indem ihr Lumen sich einfach in das des Spinnröhrchens fortsetzt. Eine kleine, fast nie fehlende Verdickung in der Wand des Schlauches zeigt den Uebergang des Ausführungsganges in das Endstück des Spinnröhrchens an (Fig. 12).

Auch der Inhalt dieser Drüsen coagulirt unter dem Einflusse des absoluten Alkohols und ist ebenso wenig in Wasser löslich, als der der birnförmigen Drüsen. Ueberosmiumsäure bringt in schwächerer Lösung (1 : 500) eine sehr schöne, namentlich gegen die Ausmündungsstelle hin — die Spulen werden bei einigermassen fortgesetzter Einwirkung ganz schwarz und völlig undurchsichtig — ausgeprägte, violette oder selbst schwarzblaue Färbung dieses Inhaltes hervor.

Die Epithelzellen dieser Drüsenart sind polygonale Pflasterepithelien mit einfachem Kern und Kernkörperchen, etwas in die Länge gestreckt (Fig. 15). Man sieht sie häufig zu den Seiten des gefärbten Inhaltes in der Gestalt eines an der inneren Contour der Membrana propria des Schlauches sich anlegenden blassen, äusserst feinen Saumes von grosser Durchsichtigkeit, in welchem scharfe Vergrösserungen auch die einzelnen Zellen unterscheiden lassen (Fig. 16).

Solcher Schläuche findet man in jeder Spinnwarze drei.

3) Glandulae ampullaceae, mit den so eben beschriebenen vielleicht identisch, finden sich ebenfalls jederseits drei.

Als Unterscheidungsmerkmale den vorigen gegenüber werden angeführt: eine allmähliche Anschwellung gegen den Ausführungsgang hin und eine stark markirte Absetzung dieser von dem eigentlichen Drüsenkörper, so wie der eigenthümliche Verlauf. Der Ausführungsgang soll nämlich nach kurzem, gerade gegen das Spinnfeld gerichteten Verlaufe knieförmig geknickt umbiegen, eine Strecke zurücklaufen, dann wiederum seine alte Richtung einschlagen, um endlich auf dem Spinnfelde zu endigen. Ich halte diese Unterscheidung

zwischen Glandulae ampullaceae und cylindricae nicht für zulässig. Wohl sieht man Drüsenschläuche ganz in der Weise, wie sie von H. Meckel beschrieben sind, dem wir obige Darstellung entnommen haben, es scheint mir jedoch der Zweifel gerechtfertigt, ob das Umbiegen ein natürliches ist und es frägt sich noch sehr, ob es nicht Folge der Präparationsmethode sei. Wenigstens gelingt es nicht eben schwer, sich zu überzeugen, dass, wenn der Schnitt mit einem scharfen englischen Doppelmesser geführt wird und das Material vorläufig hinlänglich in absolutem Alkohol erhärtet ist, die Umbiegungen öfters fehlen, oder zum Mindesten nicht viel bedeutender ausfallen als die Schlängelungen der ächten cylindrischen Drüsen. Ich halte sie darum durchgehends für Kunstproducte und bin nicht abgeneigt, auch die stärkere Anschwellung gegen den Ausführungsgang hin ebenso wohl als die Grössenunterschiede der Epithelzellen für etwas ganz Unwesentliches zu halten. Jedenfalls finden sich mancherlei Uebergangsstufen zwischen den extremsten Formen (vergl. Fig. 12, 13, 14), und kann man sich auch bei anderen Drüsenarten leicht überzeugen, dass oft schon der geringste und leiseste Druck, ein unbedeutendes Verschieben des Deckgläschens oder dergleichen hinreicht, um scheinbar ganz andere Gestalten vorzuspiegeln. So nehmen, um eine schon oben angezogene Beobachtung zu verwerthen, auch die Glandulae piriformes in vielen Fällen eine höchst unregelmässige Gestalt an und man sieht sie oft unter mechanischen Einflüssen sich mehr oder weniger der Schlauchform nähern.

Die Unterscheidung der Spinnspulen haben wir schon oben als unstatthaft oder doch zum Allerwenigsten unwesentlich zurückgewiesen.

4) Glandulae aggregatae, baumförmige Drüsen findet man auf jeder Seite 2. Sie stellen ein rundliches oder mehr ovales Läppchen mit einem einfachen gemeinsamen Ausführungsgange dar, der sich entweder central oder peripherisch in dasselbe einsenkt oder wie Meckel ganz passend sagt »wie die Nabelschnur aus der Placenta hervortritt.«

Dem unbewaffneten Auge erscheinen sie als eine homogene zusammenhängende Masse, das Mikroskop aber zerlegt diese in ein Convolut feiner Canälchen oder Schläuchchen, welche in vielfältigen regellosen Windungen sich durcheinander schlängeln und sich in sackförmige Taschen erweitern, die den eigentlich secernirenden Theil der Drüse darstellen. Die Binnenräume dieser Taschen stehen mit dem in

den gemeinsamen Ausführungsgang einmündenden Hohlraum in Verbindung und dieser sammelt das Secret aller Taschen und Canäle, um dasselbe an die Oberfläche des Spinnfeldes zu leiten.

Der Ausführungsgang selbst aber hat in einer gewissen Ausdehnung ganz ähnliche Säckchen auf seinen Wandungen aufsitzen, welche an denselben anhängen wie die Beeren an dem Stiele (Fig. 19).

Auch diese Ausstülpungen scheinen in Beziehung zur Secretion zu stehen; sie communiciren nämlich mit dem Centralcanal des Drüsenausführungsganges durch einen in seiner Weite im Verhältniss zur Breite des Halses stehenden geraden Gang, den Heinrich Meckel offenbar bei seinen Beobachtungen übersehen hat. Dieser Forscher lässt nämlich die Tunica intima der Drüse wohl in die Ausbuchtungen der eigentlichen Drüsensubstanz, nicht aber in die des Ausführungsganges übergehen (a. a. O. p. 53. Tab. III. Fig. 49). Dem widersprechen aber Bilder wie in Fig. 19. α. β auf das Entschiedenste, und ich habe deren zahlreiche gesehen, wenn ich auch auf der anderen Seite nicht leugnen kann, dass in manchen Fällen der Ausführungsgang des einzelnen Säckchens nicht nachzuweisen ist. Dieses rührt aber einfach davon her, dass derselbe von den coagulirten Massen der Art überlagert ist, dass diese ihn der Beobachtung entziehen (dieselbe Fig. γ. δ).

Diese Säckchen sitzen dem Drüsenausführungsgange nicht in seiner ganzen Länge auf, sondern dieser glättet sich gegen die Basis der Spinnwarze zu wieder und es fehlen da die Ausbuchtungen. Als Bestimmung dieser Säckchen wird wohl ohne Bedenken die Lieferung eines Secretes angenommen werden dürfen, um so mehr, weil sie in ihrem Baue genau mit den Taschen der eigentlichen Drüsencanäle übereinstimmen. Auch lässt sich ein anderer Zweck nicht leicht denken.

Das Epithel der ganzen Drüse ist wie das des Ausführungsganges ein Pflasterepithel mit ziemlich regelmässigen, polygonalen Zellen, einfachem Kern oder Kernkörperchen.

Die Spinnspulen sind denen der cylindrischen Drüsen gleich.

5) Glandulae tuberosae, knollige Drüsen, von Heinrich Meckel entdeckt, finden sich im Ganzen zwei (vergl. Fig. 20).

Der Beschreibung, welche der Entdecker seiner Zeit geliefert hat, haben wir heute Nichts zuzufügen. Sie bestehen aus dichotomisch getheilten wenigen Schläuchen, die sich zu einem gemeinsamen

grösseren Schlauche zusammenfinden und abwechslungsweise knollige, zwiebelförmige oder eiförmige Anschwellungen zeigen.

Die Epithelzellen sind denen der bauchigen Drüsen vollkommen gleich.

Der Ausführungsgang schliesst sich an denjenigen an, welcher der auf der mittleren Spinnwarze mündenden bauchigen Drüse angehört.

Erklärung der Abbildungen auf Taf. I.

Fig. 1—9 incl.

Spinnspulen, Vergrösserungsstärke 300.

1—3 verschiedene Grössen derjenigen Spinnspulen, die den Glandulae piriform. angehören.

1, a. Basalcylinder.

1, b. Ansatzstück, in Continuität mit

1, γ dem Drüsenausführungsgange.

1, β. Oberes gefranztes Ende des Basalgliedes.

1 u. 2, α Verdicktes unteres Ende, Verdickungsring des Basalgliedes.

4 u. 5. Spinnspulen der cylindr., aggregirten u. bauchigen Drüsen.

6. Spule einer birnförmigen Drüse mit abgerissenem unteren Ende.

7 u. 8. Mit 20 und 30% Aetzkali gekochte Spinnspulen.

9. Abgerissener Verdickungsring.

Fig. 10 u. 11.

Glandulae piriformes.

10. Epithel einer birnförmigen Drüse durch OsO^5 sichtbar gemacht. Die violette Färbung ist nicht angedeutet. Vergrösserung 300. Eine der grössten Drüsenblasen.

11. Durch Druck veränderte Gl. piriformis mit coagulirtem Inhalt.

Fig. 12—17 incl.

Glandulae cylindricae ampullaceae und deren Epithel.

12. Gl. cylindrica. Extreme Form.

13. Gl. ampullacea. Extreme Form.

14 Zwischenform zwischen beiden.

15. Epithel der Gl. cylindrica.

16. Dasselbe im Schlauche. OsO^5.

17. Epithel der Gl. ampullacea.

Fig. 18 u. 19.

Glandula aggregata und deren Epithel.

18. Epithel

19. Sackförmige Ausstülpungen des Drüsenausführungsganges. Man sieht bei α u. β die Communikation dieser Taschen mit dem gemeinsamen Ausführungsgange. Die Kerne des Epithels, die meist allein sichtbar sind, sind der Deutlichkeit wegen aus der Figur weggelassen.

Fig. 20.

Glandula tuberosa.

Beobachtungen über den sympathischen Gränzstrang.

Von

L. G. Courvoisier,
stud. med.

(Auszug aus einer von der medicinischen Fakultät zu Basel gekrönten Preisschrift.)

Hierzu Taf. II.

I.

Anatomisch-histologischer Bau des Gränzstrangs.

Im Nachfolgenden sind die Resultate microscopischer Untersuchungen über den sympathischen Gränzstrang niedergelegt, die mich vom November 1864 bis Juli 1865 beschäftigt haben. Es weicht das hier Gelieferte nur insofern ab von meiner Originalarbeit, als ich letztere abgekürzt und um manches Unwichtigere ärmer gemacht habe.

Schon bei oberflächlicher Betrachtung des Sympathicus fällt eine Eigenschaft desselben besonders auf: — seine reichliche Ganglienbildung. Diese Ganglien wiederum verdanken der Anhäufung von Zellen ihre Entstehung. Es erscheint daher angemessen, von letzteren zuerst Einiges zu sagen.

Die sympathischen Ganglienzellen (Beale, Kölliker, Remak, Schiff, Wagner) Nervenzellen (Axmann) Ganglienkugeln (Ehrenberg, Valentin, Bidder) Ganglienkörper (Bidder, Arnold) Nervenkörperchen (Vierordt, Will) Belegungskörper (Valentin) »Glocken« (Arnold) bieten, so viel mir scheint, in ihrer allgemeinen Anlage, und wenn man

sie ohne Rücksicht auf ihre Umgebung betrachtet, keine andern Verhältnisse, als andere Nervenzellen. Was z. B. ihre Gestalt betrifft, so lässt sich darüber wenig berichten, was nicht von andern Nervenzellen auch gälte. Sie sind immer mehr oder weniger kugelig, und die vielen Variationen ihrer Form sind meist nur durch die Ausläufer bedingt. Doch ist bei nackten Amphibien (Axolotl, Frosch und Salamander) bei einer gewissen Art von Ganglienkörpern entschieden deren Kern Ursache der eigenthümlichen Form; hier erscheint nämlich der scheibenähnliche flache Kern oberflächlich am verdickten Ende der unipolaren Zelle, und so erhält letztere das Aussehen eines Bechers mit aufgesetztem Deckel. Ja es ist nicht selten, dass dann der Kern sogar auf eine eigne, abgeschnürte Erhöhung der Zellensubstanz zu liegen kommt, wodurch das Ganze viel Aehnlichkeit mit einer Mohnfrucht erhält. (Vergleiche Clarke in Philosoph. Transactions 1862, II; Harless in Müll. Archiv 1846, S. 286 u. 287. Siehe meine Fig. 5, 8, 14, 18.)

Viel interessanter sind aber die von Arnold entdeckten »Glockenformen« (Stannius Quallen?) der sympathischen Ganglienkugeln; sie sollen übrigens weiter unten beschrieben werden; es wird sich dabei leicht zeigen lassen, dass auch hier nur die Ausläufer an der Gestaltveränderung schuld sind. Die Besprechung seltsamer, den Sympathicus speciell characterisirender Eigenschaften der Zellen muss ich ebenfalls verschieben, bis ich die Verhältnisse der Gränzstrangformen auseinander gesetzt haben werde.

Es ist eine alte, gemäss Bidder und Volkmann (Die Selbstständigkeit d. symp. Nervensyst. durch anatom. Unters. nachgewiesen. Leipzig 1842. S. 4) von Treviranus und Ehrenberg stammende Ueberlieferung, dass der Sympathicus vornehmlich feine Nervenröhrchen führe. Bidder und Volkmann selber haben mit staunenswerthestem Fleiss diese Beobachtungen constatirt, oder vielmehr erweitert und am Ende ihres Werkes förmlich zwei Classen von Nervenfasern aufgestellt, welche, obwohl nicht ausschliesslich, so doch hauptsächlich, an der »Dicke« von einander zu unterscheiden sind. Sollen doch sogar die Mittelstufen zwischen »feinen sympathischen« und »groben cerebrospinalen« Röhren — welche Mittelstufen einen Durchmesser von 0,0026''' bis 0,0046''' haben müssten — gar nicht vorkommen.

Seit Bidder und Volkmann galt nun als besondre Eigenthümlichkeit des Sympathicus die Feinheit seiner Fasern. Freilich

haben verschiedene Stimmen sich dagegen erhoben. R. Wagner sagt (Handwörterb. der Physiol. Artikel: symp. Nerv. etc. 1846. S. 371.), dass die Visceralganglien überhaupt (und zu diesen rechnet er alle Nervenknoten, welche Aeste an vegetative Organe abgeben) zu $^{3}/_{5}$, ja bis zu $^{4}/_{5}$ und $^{9}/_{10}$ aus feinen Fibrillen bestehen. Demnach wären dünne Fasern durchaus nicht dem Sympathicus eigen. — Stannius (Periph. Nervensyst. der Fische. Rostock 1849) ist entschieden gegen B. und V., stimmt also Kölliker bei, der in all seinen Schriften die Ansicht vertritt, feine Fasern seien unter keiner Bedingung ausschliessliches Eigenthum des Sympathicus (Hdb. d. Gewebelehre 1863. S. 355). — Schiff leugnet auch den Unterschied feiner und dicker Fasern (Prager Vierteljahrsschrift 1855) und sucht Küffner zu widerlegen, der, indem er seinem Lehrer Bidder folgt, sogar die von diesem den Spinalnervenwurzeln zugestandenen 1—2% »feiner Fasern« abstreitet. — Auch Beale will von einem Unterschiede, wie ihn B. und V. aufstellen, Nichts wissen. (Philiosoph. Transactions 1862, II und ibid. 1863, II.)

So wenig es mir nun einfallen kann, die Thatsache in Abrede zu stellen, dass der Sympathicus vorzugsweise feine Fasern führt, so sehr muss ich auf der andern Seite hervorheben, dass er zahlreiche »Uebergangsfasern« enthält. So nenne ich Fasern, die nicht etwa bloss in der von Valentin (Müllers Archiv 1844, S. 399 etc.) und Kölliker (Hdb. d. Gewebel. S. 104) angegebenen Weise sich als »mitteldick« darstellen und somit die Lücke zwischen Bidder und Volkmann's sympathischen und cerebrospinalen Fasern ausfüllen — vielmehr verstehe ich darunter Nervenröhren, welche folgendermassen beschaffen sind: Man glaubt anfangs eine durchweg »breite« Röhre vor sich zu haben, ist aber erstaunt, sie bei weiterer Verfolgung sich allmählich verjüngen, dabei ihre Doppelcontour entweder beibehalten oder bei gar zu grosser Feinheit endlich verlieren zu sehen. Geht man ihr noch weiter nach, so zeigt sich vielleicht, dass sie bald wieder anschwillt und zu ihrer frühern Dicke zurückkehrt. — Ich möchte mich gegen den Vorwurf verwahren, als ob ich hier gezerrte, also nicht mehr normale Fasern beschriebe. Häufig genug kann man gleichförmig dicke Röhren grober oder feiner Art neben »Uebergangsfasern« im gleichen Bündel liegend finden. Eine allfällige Zerrung hätte in diesem Fall eine gleichartige Reaction aller Fasern hervorrufen müssen. — Auch rede ich jetzt nicht von

Uebergängen »markhaltiger« in »marklose« Röhren, obschon da gewöhnlich auch ein Wechsel in der Dicke eintritt. Uebrigens würde ja die Entdeckung von abwechselnd markhaltigen und marklosen (dunkelrandigen und blassen) Röhren obendrein beweisen, dass die Gegenwart oder die Abwesenheit der Markscheide keine functionellen Unterschiede bedingen kann. Ich würde also noch auf einem zweiten Wege zu dem gleichen Schluss gelangen, zu welchem ich durch die Beobachtung wechselnder Dimensionen geführt worden bin: dass nämlich im Aeussern der Fasern keine Motive gegeben sind zu einer Eintheilung in functionell verschiedene Systeme.

Uebrigens hat auch der erfahrene Beale (Phil. Transactions. 1863. II.) ähnliche Verhältnisse beschrieben und abgebildet. (Fig. 29, 39, 40.) Er legt diese Bildungen so aus, dass die mit Kernen versehenen Anschwellungen den einzelnen embryonalen Zellen entsprächen, aus denen die Faser sich zusammengesetzt hat. [Man vergleiche Kölliker Hdb. d. Gewebelehre, S. 361; Remak Müll. Archiv 1836, S. 148 und 153; Schwann Microscop. Unters. 1859. S. 171 und folgende, und namentlich Fig. 8, a auf Taf. IV.]

Endlich ist eine durch Volkmann selber gegebene Bestätigung des eben Gesagten in Müll. Archiv 1838, S. 287 zu lesen, wo es heisst: »Die Fasern, welche gegen das Rückenmark hinliefen, wurden alsbald so dick, als die Fasern des Inguinalis selbst, die Fasern aber, welche gegen die Peripherie hinliefen, blieben in einer ansehnlichen Strecke so dünn, wie die sympathischen Fasern gewöhnlich sind.....« und in der Anmerkung:

»Diese Verdickung hat etwas Auffälliges, da sie sich nur auf eine kleine Strecke der Faser beziehen dürfte.......«

Ich halte die gefundnen »Uebergangsfasern« für wirkliche Uebergänge zwischen Bidder's und Volkmann's »sympathisch-feinen« und »cerebrospinal-dicken« Nervenröhren. (Fig. 22.)

Da oben von dem Nervenmark oder der Markscheide die Rede war, so will ich sogleich noch Einiges beifügen, was ich darüber beobachtet habe. [Ausführlicheres wird der zweite Theil dieser Arbeit bringen.]

Ich habe im Gränzstrang drei Arten von sogenannten »marklosen« oder »blassen« Nervenfasern gesehen. Da sie alle kernführend sind, könnte man sie nach der gebräuchlichen Bezeichnungsweise »Remak'sche Fasern« taufen.

Die der 1. Art stimmen ganz mit den Anfangs bandartigen

bald aber fadenförmig und varicös werdenden Remak'schen (M. Archiv 1844, S. 465 etc.) überein. Sie begleiten, oft so fein, dass man nur ihre Knoten (Kerne) noch gut wahrnimmt, und dann allerdings Bindegewebsfibrillen oft ausserordentlich ähnlich, die breiten oder schmalen dunkelrandigen Röhren, sind aber auch oft zu 2—6 und mehr in einem Perineurium eingeschlossen mit einer oder 2 markhaltigen. (Siehe Fig. 1, 14, 23. — Vergleiche Beale Philos. Transactions 1863, Fig. 23, 27, 29).

Andre »markarme, kernführende« Fasern verbinden dunkelrandige Röhren mit Zellen; diese hat Remak wohl nicht gekannt, während Kölliker (Microsc. Anat. 1850, S. 394), Leydig (Lehrb. d. Hist. d. Mschen u. d. Thre 1857, S. 54), Wagner (Neurol. Unters. Fig. 5 u. 6), Harless (Müll. Archiv 1846, S. 285 etc.) sie beschreiben und abbilden und auch Beale die Fasern in der Nähe der Zelle der »white substance« entbehren lässt. (Meine Fig. 2, 8, 16). — Es gelingt nun bei der grossen Zartheit dieser Fortsätze nicht immer, sie so weit zu verfolgen, bis sie in dunkelrandige Röhren übergehen; manche halten Einen auch fast zum Besten durch ihre langanhaltende »Markarmuth« (Fig. 19). Ja es wäre möglich, dass gewisse Fasern dieser Art nie einen zweiten Rand ansetzen, sondern permanent »Remak'sche« blasse Fasern blieben.

Der dritten Art von »marklosen« Fasern ist bisher noch von keinem Autor Erwähnung gethan worden. Ich werde sie weiter unten als »Commissurenfasern« näher beschreiben. (Sie sind nämlich nicht identisch mit den Fasern gleichen Namens, welche Beale, Henle, Leydig, Remak, Wagner und A. gesehen haben.)

Auch einige Worte über die Hüllen der Nervenelemente im Sympathicus und über das Bindegewebe in dessen Ganglien scheinen mir nicht überflüssig zu sein.

Was zunächst die Zellenmembran betrifft, so stimmen alle meine Befunde völlig überein mit Bidders Ausspruch (Z. Lehre v. Vhltn. d. Gglienkper z. d. Nvenfasern. 1847, S. 22): »das microscopische Bild an sich bietet Nichts dar, was als unmittelbarer optischer Ausdruck einer solchen Hülle angesehen werden könnte.« Nun sprechen zwar viele Forscher (Axmann, Hannover, Henle, Kölliker, Leydig, Schleiden, Schwann, Stillings, Will und A.) von jener Membran. Dagegen hat z. B. Valentin an den sympathischen Zellen nur eine »zellgewebige« (bindegewebige) Scheide bemerkt (M. Archiv 1839, S. 139 etc.) Stannius, der die Kernmem-

bran vertheidigt, hat an der Zelle keine gefunden (Wagner's neurol. Unters. Göttingen 1854, S. 92). Beale kennt bloss eine äussere Substanzschicht; Wagner, Billroth und Meissner (Wagner's neurol. Unters.) leugnen die Hüllen an den electrischen Ganglienkugeln von Torpedo. Kölliker und Leydig selber vermissen sie an den Zellen der Centralorgane; und an unzähligen Abbildungen Andrer erkennt man nicht jene scharfen Umrisslinien, welche z. B. bei Kölliker (Hdb. d. Gewebelehre, S. 357. Fig. 189) die »celluläre« Membran andeuten sollen. Wie unwesentlich eine Membran an Zellen überhaupt sei, hat erst unlängst M. Schultze (M. Archiv 1862, S. 1: »Was man eine Zelle zu nennen hat«) gezeigt.

Ich zweifle nun vor Allem deshalb an der Existenz einer derartigen Hülle, weil ich sie nie sah. Aber es sprechen immer noch andere Gründe dagegen. Ich habe, so oft ich den Versuch machte, möglichst frische sympathische Zellen zu zerdrücken, niemals dabei die bekannten Erscheinungen einer platzenden, mit Flüssigkeit gefüllten Blase beobachten können. Es fällt da keine Haut zusammen, kein Liquidum fliesst aus. Vielmehr entsteht dabei ein Riss, an dem die ganze Zelle theilnehmen kann. Ferner zeigen die Zellen eine solche Elasticität und Zähigkeit, wie wir sie nur von soliden Körpern erwarten können. Was aber eine Membran um eine feste Masse herum für einen Zweck haben sollte, sieht man nicht recht sein.

Nun sind zwar die sympathischen Ganglienkörper von einer Scheide umgeben, die aber nicht »cellulär« (d. h. der Zelle eigenthümlich, nervös), sondern »bindegewebig« (nach Valentin aus »Zellenfasern« oder aus »fadig aufgereihtem Epithel bestehend) sind. Fast alle Autoren geben eine solche Scheide zu; [nur Remak und Beale (Jener in: Observ. anat. et microscop. d. syst. nerv. structura; Dieser in: Philosoph. Transactions 1862, II) wollen sie aus Nerven-, statt aus Bindegewebsfasern bestehen lassen,] aber sie wird von den Einen als homogen und kernlos, von den Andern als fibrillär gestreift und kernreich geschildert. — Sie fehlt keiner Nervenzelle ursprünglich, und nur in dem Fall kann man sie der einzelnen Kugel absprechen, wenn, wie das vielfach vorkommt, mehrere Ganglienkörper von einer gemeinsamen Scheide umschlossen sind (Fig. 14, 17). An ganz frischen Präparaten sieht man von den Scheiden Nichts als die immer vorhandenen, ovalen, hellglänzenden und fein granulirten Kerne; besser tritt Alles hervor nach Behandlung mit Reagentien (am Besten A), wo man um den fast unmerklich auf-

hörenden Rand jeder Kugel in gewisser Entfernung einen feinen Bogen herumlaufen sieht (Fig. 26).

Arnold behauptet nun bezüglich der Zellenüberzüge eine ganz eigne Stellung, indem er wohl zwei Hüllen aufstellt, aber nicht Henle's innere »Schale« (Schwann'sche Scheide) und bindegewebige Haut, die auch Kölliker unterscheidet; vielmehr sich (V. Archiv Bd. 32. Hft. 1. Separatabdruck S. 8) folgendermassen ausspricht:

»Hieraus ergiebt sich, dass die Ganglienzellen ..... gleich jeder Nervenfaser eine neurilemmatische Umhüllung ..... haben, welche als Fortsetzung des Neurilemma's der zutretenden Nervenfasern zu deuten ist, dass ferner an den isolirt liegenden Zellen ausserdem noch eine bindegewebige Umhüllung vorkommt, die dem Perineurium der Nervenstämme entspricht und in den Ganglien zu einem vollständigen Fächerwerk sich gestaltet.«

Ich habe nie eine derartige doppelte »bindegewebige« Umhüllung gesehen. Das »Fächerwerk« allerdings fand ich; es zeigt sich namentlich schön an ausgepinselten Schnitten von Ganglien, ein diese durchsetzendes, offenbar bindegewebiges »Stroma« [wie denn auch Wagner (Hdwterbuch d. Physiologie; Artikel: Symp. Nerv. etc.); Axmann (Beiträge zur microsc. Anat. u. Physiol. d. Gglien-nvensyst. 1853, S. 23) eben diesen Namen gebrauchen, und auch Kölliker (Hdb. d. Gewebel. S. 345) und Valentin (Müll. Archiv 1844, S. 143) von einem solchen »Netz- oder Fächerwerk« reden]. — Dieses Stroma umgiebt unmittelbar die im Uebrigen nackten Zellen und bildet so deren Scheiden — eben die Scheiden, welche alle Autoren als äussere oder bindegewebige aufführen. Aber nie sah ich die Zellen mit ihren bindegewebigen (nach Arnold »neurilemmatischen«) Scheiden noch in den Kammern des »Fächerwerkes« (»Perineuriums«) stecken. Es sind eben bloss die Hüllen der Zellen unter sich verschmolzen (Fig. 26, 17).

Nenne man nun dieses Fächerwerk wie man will, Neurilemma oder Perineurium, das ist am Ende gleichgültig. Die Namen sind ja synonym. Aber weil man gewöhnlich die Nervenscheiden den Muskelscheiden parallelisirt, thut man vielleicht gut in möglichster Aufrechterhaltung der Analogie dieses Fächerwerk als Perineurium (entsprechend dem Perimysium) zu bezeichnen. Ein Analogon für das Sarcolemma der Muskelfasern fehlt also, wie ich mich bemüht habe, zu zeigen.

Die Fasern des Sympathicus ahmen in Betreff der Hüllen vollkommen die Zellen nach. Es geht das Zellenperineurium unmittelbar auf die Fasern über. Und wie sich häufig mehrere Zellen in eine gemeinschaftliche Scheide eingeschlossen finden, so beherbergt oft ein Bindegewebsrohr mehrere Fasern. Aehnliche gemeinsame Hüllen haben auch Hensen (Virch. Arch. Bd. 31. S. 60 u. 61; man beachte, dass er immer von eingescheideten »Nervenstämmen« und nicht »Nervenfasern« spricht) Kölliker (Hdb. d. Gew. S. 362 bei embryonalen Fasern); Klebs (Virch. Arch. Bd. 32. Fig. 7); Arnold (Virch. Arch. Bd. 32. Heft 1; Separatabdruck, Fig. 3—6); Czermak (Müll. Arch. 1849. S. 556 u. Fig. 2, 4, 5. 7, 8, 9) und Beale (Phil. Transact. 1862, II u. 1863, II die meisten Figuren), auch Auerbach (Virch. Arch. Bd. 30. S. 458) an erwachsenen Nerven gesehen. (Meine Fig. 1, 13, 14, 17.)

Der ganze Gränzstrang hat einen aus einem Stück bestehenden bindegewebigen Ueberzug, innerhalb dessen und von welchem fast gänzlich getrennt die nervösen und auch bindegewebige Theile desselben liegen. Axmann (Beitr. z. microsc. Anat. u. Physiol. d. Gangliennvensyst. S. 22) nennt diese Scheide ganz einfach »Vagina,« und ich folge seinem Beispiel. Man kann dieselbe am ehesten der Pia mater (plus Dura mater?) vergleichen, namentlich auch insofern, als sie Gefässhaut ist. — In ihr verlaufen bald einzelne, bald bündelweise vereinigte Fasern, immer in ihre eignen bindegewebigen Hüllen noch eingeschlossen; auch Ganglienkugeln, meist in microscopischen Anhäufungen, selten einzeln, fand ich darin (Fig. 14). Ich glaube aber nicht, dass man deshalb die »Vagina« als secundäre Scheide dieser Zellen und Fasern betrachten dürfe, wie Arnold (l. c. S. 8) thut.

Die »Vagina« ist ziemlich leicht von den Ganglien und Nerven abzuschälen, ist aber durch gewisse Brücken — als welche ich Nervenfasern und Gefässe bezeichnen kann, während bindegewebige Verbindungen mir fraglich sind — mit denselben in Zusammenhang gesetzt. Auf keinen Fall findet statt, was Arnold (l. c. S. 7 u. 8) angiebt, dass »das Perineurium oder mit andern Worten das die Nervenstämme umgebende Bindegewebe . . . . . in den Ganglien selber ein Fächerwerk zusammensetzt, in welchem die einzelnen Zellen liegen und durch dasselbe in ihrer Lage erhalten bleiben.«

Sehr verschieden von der »Vagina« ist nun das die Ganglien und Nervenäste durchsetzende Bindegewebe, welches in diesen eben

jenes Fächerwerk [Kölliker (Hdb. d. Gewebel. S. 345), Arnold (l. c. S. 7 u. 8)]; Netzwerk [Valentin (Müll. Arch. 1839, S. 143)]; Stroma [Axmann (l. c. S. 22), Wagner (Hdwterb. d. Physiol.), Luschka (Müll. Arch. 1862, S. 400)] bildet. In seinen Kammern und Räumen sind Zellen und Fasern, im Uebrigen nackt, eingebettet, und wenn dieselben herausgeschafft (herausgepinselt) sind, zeigt sich ein ähnliches Trabekelgerüste, wie etwa in einer Lymphdrüse, oder wie im Hoden etc. — Es ist enorm kernreich, daneben stark fibrillär gestreift, scheint aber der Netzbildungen gänzlich zu entbehren. Mann kann es in einen intra- und in einen circumganglionären Theil theilen, welche aber beide durchaus in natura nicht getrennt sind. An dem oberflächlichen, schwer vom Ganglion (oder Nervenast) löslichen Theil, den ich soeben circumganglionär genannt, lässt sich wohl am Besten die Beschaffenheit des ganzen Stroma's studiren.

Ich gehe nun über zur Besprechung der Beziehungen zwischen Fasern und Zellen des Gränzstranges.

Diese nervösen Elemente liegen auch hier nicht, so wenig als im übrigen Nervensystem, wie zwei einander fremde Gebilde neben einander. Blosse Juxtaposition, bloss »contiguirliches« Verbundensein (Valentin, Ehrenberg, Bidder) giebt es nicht; im Gegentheil existirt ein intimer »continuirlicher« Zusammenhang — ein »tieferer Zusammenhang,« wie Joh. Müller sich ausdrückt — den schon »der Verstand postulirt.«

Es wird zwar die Existenz von sogenannten »apolaren,« faserlosen Ganglienkugeln im Sympathicus von verschiedenen Autoren behauptet; so namentlich von Kölliker, der andererseits so viel Gewicht eben auf den Zusammenhang beider Elemente legt. (D. Selbstständigkeit u. Abhgigkt d. symp. Nvenst. durch anatom. Unters. bewiesen. 1844, S. 28 etc.) Wenn aber hier mit Analogien gefochten werden darf, so möchte ich andre Forscher citiren, welche in andern Gegenden des Nervensystems »apolare Zellen« für artefact erklären. So sagt z. B. Bidder (Z. Lehre v. Verhlten d. Gglnkugeln z. d. Nvenfasern, S. 24) über Zellen des Vagus, Trigemnius und der Spinalganglien von Hecht, Gadus und Kalb wörtlich Folgendes:

»§ 16. Aber der Anblick solcher vollkommen freier Ganglienkörper wird nur gewonnen dadurch, dass dieselben aus ihren ursprünglichen und natürlichen Verhältnissen herausgerissen . . . . . wurden.«

R. Wagner (Neurol. Unters. S. 47) und H. Stannius (ibid. S. 89) nehmen zwar provisorisch apolare (insulare) Zellen an, jener in peripherischen Ganglien überhaupt, dieser in denen der Fische; beide aber sind geneigt sie für mutilirte — nicht unipolare, sondern sogar bipolare anzusehen. — Aehnlich spricht sich Leydig (Lehrb. d. Hist. d. Mschen u. d. Thre, S. 49) in Betreff aller Ganglienkugeln aus.

Vierordt (Grdriss d. Physiol. d. Mschen, S. 47) will von fehlender Faserabgabe Nichts wissen.

Beale (Philos. Trsactions, 1863, II Separatabdruck S. 26) ist nach Untersuchung peripherischer Froschganglien zu dem Schluss gelangt: »apolar and unipolar cells do not exist.«

Vom Froschsympathicus sagt Arnold (l. c. S. 27) das Gleiche.

Ich darf mich gerade den beiden letztern Forschern in dieser Hinsicht genau anschliessen, da ich nie im Sympathicus des Frosches eine Zelle gefunden habe, an der sich keine Fortsätze oder keine Reste von solchen hätten nachweisen lassen. Von den andern Wirbelthieren kann ich nicht ohne Weiteres Aehnliches versichern, doch bin ich von der »Polarität« auch ihrer Zellen überzeugt.

Es kommt nun die Verbindung zwischen Zellen und Fasern im Sympathicus auf eine ganz eigenthümliche Weise zu Stande, eine Weise, die erst in den allerletzten Jahren bekannt worden ist. Ich gedenke hier nicht wie in meiner Originalarbeit, eine ganze Reihe früherer Forschungen über diesen Punkt zu besprechen, sondern nur das Wesentlichste zu erwähnen.

Remak's Hauptsatz (Observ. anat. et microsc. syst. nerv. struct. S. 9). »Fibrae ... ab ipsa globulorum nucleatorum (Ganglienkugeln) substantia oriuntur« hatte so lange Geltung, bis Harless (Müll. Archiv 1846, S. 285) an electrischen Zellen von Torpedo, und Lieberkühn (de struct. ggl. perit. 1849), sowie Guido Wagener (Ztschr. f. wiss. Zool. Bd. 8. S. 455 etc.) an sympathischen Froschzellen (auch an Zellen von Wirbellosen) nachwiesen, dass sich die Art des Ursprungs noch genauer definiren lasse. Harless sah die Fasern nicht nur »ab ipsa substantia,« sondern auch vom Kern und Kernkörperchen entspringen. Die beiden Andern fanden, dass vom Nucleolus der Zelle ein Faden austrete, der sich in eine vom Kern entsprungene Röhre (Nervenröhre?) fortsetze (als Axencylinder?)

Axmann beschreibt Verlängerungen des Axencylinders bis

an, aber nicht in den Kern. (Beitr. z. microsc. Anat. u. Physiol. d. Gglnnvensyst. Berlin 1853.)

Küttner (De orig. nervi symp. ranar. etc. Dissertatio Dorpat. 1854. S. 13 u. 14. Tab. I. Fig. 5, 6) beobachtete beim Frosch unipolare Zellen mit constanter Theilung des einen Fortsatzes in 2 Fasern!

Beale's und Arnold's Entdeckungen aus neuster Zeit führe ich nicht besonders an, da sie die Grundlage für meine Untersuchungen waren, und da zugleich meine Resultate mit den ihrigen in den Hauptpunkten übereinstimmen. Indem ich also diese Resultate zu besprechen beginne, erwähne ich zuerst eines Factums, dessen Nichtachtung schon manche folgewichtige Irrthümer nach sich gezogen hat. Es ist dies der Umstand, dass im Gränzstrang keine »dunkelrandigen,« sondern nur »blasse« Fasern mit Ganglienkörpern in Verbindung treten, oder, was auf das Gleiche hinausläuft, dass alle Fasern, mögen sie in ihrem weitern Verlauf doppelte Conturen (Mark) erhalten, oder nicht, doch in der Nähe der Zellen derselben entbehren. Ein directes Uebergehen dunkelrandiger Fasern in Zellen sah ich nie, und so weiche ich denn hierin namentlich auch ab von Arnold, der um den eintretenden Axencylinder herum »eine lichte Stelle« beschreibt und »eine Ausfüllungsmasse,« welche er als »mit eintretende Markscheide« auffasst. (l. c.)

Es vermitteln also »blasse Fasern« den Ursprung »dunkelrandiger« aus sympathischen Ganglienkörpern. Diese »blassen« Verbindungsstücke sind messbar genug, oft sogar scheinbar endlos; (Fig. 19) sie sind aber, wie dies die Degeneration zeigt, nicht wirklich »marklos,« sondern »markarm.« [Verglche Beale (l. c. S. 17 u. 27).] Sie tragen in sehr vielen Fällen Kerne. (Fig. 1, 4, 5 etc.)

Nun bedingen gewisse Charaktere eine Eintheilung der Fasern in 3 Klassen. Was zuerst die Art des Ansatzes an die Ganglienkörper betrifft, so ergiebt sich, dass die Fasern ungetheilt, zugleich mit Verlust ihrer Kerne und ihres spärlichen Markes das Zellenparenchym durchsetzen und ihr Ende finden am Nucleus. Die Verfolgung bis dicht an den Kern ist schon keine so leichte Sache; aber vollends in den Kern sah ich sie nie eintreten. Die nach Harless, Lieberkühn, Wagener und Arnold stattgefundene Endigung im Nucleolus entging mir stets vollständig.

Diese erste Art von Fasern, welche also im Kern anfangen oder enden, nenne ich nach Beale's und Arnold's Beispiel »ge-

rade Fasern« (straight fibres), weil sie mehr oder weniger gestreckt und immer unverzweigt verlaufen.

Die zweite Art von Fasern stehen durch ein »Fadennetz« mit dem »Kernkörperchen« in Verbindung. — Es ist auffällig, wie oft in der Literatur der Nerven solche Netze oder Streifen verschiedener Art an den Ganglienkörpern angeführt werden; noch auffälliger aber muss es erscheinen, dass so lange Niemand daran gedacht hat, die Natur und Bedeutung derselben zu ergründen.

Remak beschreibt zu verschiedenen Malen (Müll. Arch. 1844, S. 469; Fig. 9 und Wiesbaden Ber. 1853, S. 182) concentrische Streifen im Zellenparenchym und andre, welche nach den Fortsätzen hinliefen. — Aehnliche Zeichnungen, die er aber der »Zellenmembran« zumuthet, fand Will (Müll. Arch. 1844. S. 79) bei Helix pomatia. — Wagener (Neurol. Unters. S. 7; u. Hdwterb. d. Physiol. im Artikel: symp. Nv. etc.) sah im electrischen Organ des Zitterrochen die »höchst zarten ...... Zellen umsponnen von einem Maschennetz ausserordentlich fein getheilter Nervenzweige.« — Axmann (l. c.) bildet (Fig. 2) einige sympathische Kugeln ab mit netzförmiger Zeichnung der Substanz und sagt dazu (S. 24): »Ausnahmsweise ist der markige Inhalt durch die Gerinnung (?!) in unregelmässige Abtheilungen getheilt.« Auch bei Kölliker (Microsc. Anatomie S. 473. Fig. 143) finden sich Andeutungen von Maschen auf Ganglienzellen. [Stilling darf ich nicht mit gutem Gewissen citiren; sein viel verschlungenes Elementarröhrchennetz hat wohl einen andern Charakter.] Frommann (Virch. Arch. Bd. 31. S. 139) schildert ein Netz in der Substanz der Rückenmarkszellen vom Rind. — Beale (Philos. Trsactions. 1863, II) giebt in Fig. 1. 19. 20. 26. 27 nur Andeutungen von Maschenbildungen an sympathischen Froschzellen und legt wenig Gewicht darauf. — Endlich hat Arnold das Netz recht eigentlich ans Licht gezogen. Ich habe reichlich Gelegenheit gehabt mich von der Richtigkeit seiner Angaben zu überzeugen. Das genauere Verhalten des Netzes ist folgendes:

Es gehen vom Nucleolus, vom allerinnersten Zellencentrum Fäden aus, die zum Theil grob, zum Theil fast unsichtbar fein sind. Am leichtesten erkennt man sie in dem hellen Nucleus, den sie radienartig durchziehen und so mit einer »sternähnlichen Zeichnung« schmücken. Diese Fäden, welche ich Wurzelfäden nennen will, hat schon Stilling (Anat. u. microsc. Unters. üb. d. fein. Bau d. Nvenprim. Faser u. d. Nvenzelle. 1856, Fig. 10, 11, 13, 39—51, 54—56)

sowie Frommann (Virch. Arch. Bd. 51. S. 129 etc. und Fig. 5—10; Virch. Arch. Bd. 32. S. 231 etc.) gesehen.

Beale erwähnt keine solchen »Wurzelfäden.« Es ist aber zu beachten, dass er mit A gearbeitet hat, und dass diese, wenn sie auch sehr verdünnt angewandt wird, den Kern und Alles, was er enthält, mit Ausnahme des Nucleolus, undeutlich und verschwommen erscheinen lässt. Am Besten habe ich die Silbertinction zur Erkennung dieser feinen Structurverhältnisse benutzen können.

Nicht selten anastomosiren die »Wurzelfäden« schon innerhalb des Kerns mit einander. Sind mehrere Nucleoli da, so können sie auch durch Fäden mit einander verbunden sein. — Weiterhin verlassen die Fäden den Kern und beginnen eine starke Netzbildung. Ich bin erst spät über jenen Zweifel erhoben worden, den ich früher in Betreff des Zusammenhangs dieser Fäden im Zellenparenchym mit denen im Kern gehegt hatte. Aber ich habe mich endlich gerade mit Hilfe der Silberinprägnation überzeugen können, dass wirklich, wie Arnold angiebt, dieser Uebertritt der »Wurzelfäden« in das »Fadennetz« der Zellsubstanz geschieht. (V. alle meine Figuren.) Die Zahl der »Wurzelfäden« ist völlig unbestimmt; doch bildet etwa 8 die obere, 3 die untere Gränze der bei einer einzelnen Lagerungsweise sichtbaren Fäden. — Ebenso wenig bestimmt ist die Form und Weite der Netzmaschen, sowie die Dichtigkeit des Netzes; dasselbe durchsetzt nämlich die ganze Zellsubstanz und überspinnt dieselbe nach aussen. Sehr schöne Bilder erhält man hie und da dadurch, dass mehre Netzschichten sich wie Coulissen hinter einander ausspannen.

Ob nun diese Fäden alle, wie Arnold und Stilling meinen, hohl und mit einer bisweilen in Tropfen austretenden Flüssigkeit gefüllt, oder ob sie solid, und diese Tropfen eher im Sinn von Beale als Gerinnungsproducte in Folge der Einwirkung von Säuren aufzufassen seien, das lasse ich dahingestellt sein.

Ich habe bis jetzt von 2 Arten von Fasern gesprochen, die mit sympathischen Zellen in Verbindung treten. Es lassen sich aber die Fasern der 2. Art, welche also durch Netzbildungen sich auszeichnen, noch weiter abtheilen. Immerhin werden sie gleichen functionellen Werth haben.

Zunächst sieht man Fibrillen aus dem Netz und von der Zelle weg sich entfernen, um ein Geringes breiter werden, ein blassgrauliches, gallertiges oder feinkörniges Ansehen erhalten und, während

im Netz noch keine Kerne zu erblicken sind, hie und da schwach anschwellen, um kleine, meist eckige Körner von eminentem Glanz aufzunehmen. Die Anordnung dieser Körner ist verschieden. Sie können fehlen, aber auch auf kurze Strecken dicht zusammengedrängt liegen. — Ich habe mich gefragt, ob nicht manche der von Remak (Observ. anat. etc. Fig. 7, 8, 11—13) gezeichneten »organischen Fasern« (Krause's »Knötchenfibrillen«) mit den von mir so eben beschriebenen Fibrillen identisch sein möchten, obschon der Autor sie als aus der Zellensubstanz entspringend darstellt?

Diese Fibrillen sind es nun, die ich früher schon unter dem Namen: »Commissurenfasern« erwähnt habe. Es gelingt nämlich oft zwischen benachbarten Ganglienkörpern einen oder mehrere gekörnte Fäden anzuspannen, die auf beiden Seiten in das »Fadennetz« derselben sich einsenken. Ich habe dieselben zuerst gefunden in Ganglien vom Frosch, welche 4—6 Tage in A von 0,02 Verdünnung gelegen hatten. Ich untersuchte dann auch Ganglien andrer Wirbelthiere auf diesen Punkt und hatte Erfolg. Beim Frosch sind die Fasern stets weniger »gekernt« als z. B. bei Säugethieren. — Hie und da treten auch Fasern direct aus dem Kernkörperchen aus, um sich in das »Netz« einer andern Zelle zu verlieren. Ueber alle diese Verhältnisse siehe meine Fig. 1, 6, 7, 12, 13, 14, 17, 24.

Von »Commissuren,« wie sie in der medicinischen Literatur häufig — von Remak (Observ. S. 10. Fig. 11, A u. D; dann Müll. Arch. 1858, S. 191), von Valentin (Müll. Arch. 1839, S. 153 etc.), Henle (Allgem. Anat. S. 654), R. Wagner (Neurol. Unters. Taf. I, Fig. 1, 2), Stannius (Peripher. Nvensyst. d. Fische, Taf. IV, Fig. 12), Leydig (Lehrb. d. Histol. Fig. 29), Ecker (Icon. physiol. Taf. XIII.), Volkmann (Anhang zu der Bidder'schen Schrift: Z. Lehre v. Verhltn. d. Gglienkper und d. Nvenfasern, S. 69) — erwähnt und gezeichnet, wie sie aber namentlich von Kölliker (Hdb. d. Gewebel. S. 313) angefochten werden, — von solchen »Commissuren« sah ich nie eine Spur. Vielleicht werden die oben beschriebenen, viel schwieriger zu beobachtenden Verbindungen mehr Zutrauen erwecken, namentlich auch deshalb, weil sie besser sich reimen mit der übrigen wunderbar zarten und feinen Structur der Ganglienkörper.

Aus dem gleichen »Fadennetze,« das die »Commissurenfäden« entsendet, entwickeln sich dann zweitens Fasern, welche schraubenförmig die »geraden Fasern« (vgl. weiter oben) umwinden. Sie sind von Arnold und Beale beim Frosch entdeckt und »Spiralfa-

sern« genannt worden. [Eine Andeutung von Spiralen finde ich zwar schon bei Ludwig (Müll. Arch. 1848, S. 140).]

Ihr specielles Verhalten vorerst beim Frosch, ist folgendes: An einem bestimmten Punkt der Zelle vereinigen sich die »Netzfäden« zu stärkeren Fibrillen; diese bilden ein etwas weitmaschigeres Netz unterhalb der Zelle, in welchem die dem Zellenrand parallel laufenden Streifen am stärksten ausgeprägt sind und »Kerne« tragen. (Fig. 1, 3, 14—16, 25; vergleiche Beale Philos. Trsactions 1863, II, Sepabdrck. Fig. 1, 20, 26, 27.) Das Netz spitzt sich oft in geringerer, oft in bedeutender Entfernung von der Zelle zu und aus demselben sammeln sich endlich mehrere oft nicht unerheblich dicke Zweige zu einer einzigen »marklosen« (?) Faser, welche oft in kurzen Distanzen von einander mehrere, oft aber auch nur einen oder keine Nuclei aufweist. So die Regel. Man trifft aber nicht selten (Beale und Arnold) Fälle, wo 2, 3 »Spiralfasern« aus dem gleichen Netz und an der gleichen Stelle sich entwickeln (Fig. 1, 3). Allerdings vereinigen sich nicht selten solche anfänglich getrennt entsprungene Spiralen später doch wieder (Fig. 2, 7).

Es geschieht nun häufig, dass die »Netzfäden« den Zellenrand so herunterbiegen, dass die »Kugelform,« welche gewiss ursprünglich jeder Zelle eigen ist, in die »Glockenform« übergehen muss. Daher nannte Arnold auch solche Zellen passend »Glocken«. (Virch. Arch. Bd. 28. S. 458 u. Virch. Arch. Bd. 32. Heft I, Separatabdruck, S. 39). [Stannius erwähnte Wagner's neurol. Unters. 1854, S. 90) bei Petromyzon eine »Quallengestalt,« die vielleicht ein gleiches Verhalten als Ursache haben mochte?!] (Fig. 1, 3, 15, 25).

Die Endfaser des »Spiralnetzes,« (so nenne ich das Netz ausserhalb der Zelle) wird aber erst dadurch zur »Spirale,« dass sie sich um die »gerade Faser« herumwindet. Wohl 99% der »Spiralfasern« des Frosches vollführen auch solche Schraubengänge, freilich in wechselnder Zahl. Es giebt exquisite Fälle von wohl 20 Windungen (Fig. 25), andre von nur 4 oder 5. Oft geht die Reduction noch weiter herab bis auf 2 und 7 (Fig. 16, 20). Es wird nun auch nicht auffallen, wenn hie und da sogar die letzte Windung fehlt und somit eigentlich gar keine Spirale mehr vorhanden ist. Häufig findet man eine Andeutung von Spirale noch in einer Kreuzung beider Fasern (Fig. 8) aber auch diese kann endlich wegfallen (Fig. 5, 15), so dass im Grunde beide Röhren »gerade« sind.

Fragt man nun nach speciellen Merkmalen der »geraden« und

der »gewundenen« Faser, so kann ich ausser dem Ursprung nicht eins nennen. Denn weder in Dicke, noch in Kernhaltigkeit, noch im Besitz oder Mangel der Fettscheide, noch in der äussern Gestalt selber finden wir einen genügend sichern, constanten Unterschied. Zwar ist gewöhnlich die »gerade« Faser auch dicker als die andre, aber durchaus nicht immer (Fig. 20). Die »gerade« setzt auch meist in geringerer Entfernung von der Zelle einen zweiten Rand an, als die »Spirale.« Allein das beweist noch nicht einen functionellen Unterschied. Etwas dagegen scheint mir auf einen solchen, oder doch auf eine verschiedene Bestimmung der Fasern hinzuweisen, und das ist Folgendes:

Es gelingt oft ein Auseinanderweichen beider Fasern zu beobachten und ein Verfolgen entgegengesetzter Richtungen. Zwar begleiten sie sich in den meisten Fällen lange Strecken weit (Fig. 19), so dass man oft noch im Ramus communicans Spiralwindungen einer Faser um eine andre herum finden kann (Fig. 23). Aber das schliessliche Auseinandergehen kann in einer grossen Zahl von Fällen auch ganz in der Nähe der Zellen eintreten, und es ist eine vielleicht etwas gewagte, aber doch nicht unwahrscheinliche Annahme, dass eine solche Stelle der Trennung für alle sympathischen Fasern einmal vorhanden sei (Fig. 1, 8, 15, 16, 20, 23). Das mit der Trennung manchmal verbundene plötzliche Auftreten von Mark an einer oder an beiden Fasern möchte wohl auch für die Wichtigkeit des Momentes sprechen (Fig. 8, 16).

Aehnliches beobachteten Arnold und Beale. Am einfachsten liegen diese Verhältnisse da vor, wo eigentlich gar keine Spirale vorhanden ist und daher die beiden Fasern mit der Zelle ein Omega (Ω) mit mehr oder weniger langen Schenkeln bilden. (Beale l. c. Fig. 13; meine Fig. 15.)

Es geht nun, denke ich, aus dem bisher Gesagten ziemlich deutlich hervor, dass:

1) die »gerade Faser« einer Froschganglienzelle mit der (den) »Spirale«(n) in einem unleugbaren Verhältniss der Zusammengehörigkeit steht, weshalb man sie beide auch mit dem Namen »Zwillingsfasern« zusammenfassen kann;

2) dass ferner die »Commissurfäden« mit den »Spiralfasern« durch ihre gleichartige Abstammung aus dem gleichen »Netz« und Nucleolus enge verwandt sein müssen.

Es fragt sich nun, wie man unter solchen Umständen die

Bezeichnung »Pol« anzuwenden habe. Beale folgt darin noch dem gewöhnlichen Usus, gemäss welchem man eben die Abgangsstelle eines jeden Zellenfortsatzes mit obigem Namen benennt. Er sagt ja (l. c. S. 26) deutlich: »apolar and unipolar nerve-cells do not exist.« — Arnold aber hält schon ein andres Verfahren ein. Er nennt eine Froschzelle mit je einer »geraden« und einer »spiraligen Faser nicht etwa bi-, sondern unipolar. Ich glaube auch in Anbetracht der Verhältnisse, die ich geschildert habe, diese Bezeichnung beibehalten und sie sogar auf solche Fälle ausdehnen zu müssen, wo nicht nur eine »gerade Faser« und eine »Spirale,« sondern auch, wo mehr als eine Faser der letztern Art und endlich, wo noch eine beliebige Anzahl »Commissurenfäden« vorhanden sind. — Ich nenne nun die Stelle, wo »gerade« und »Spiralfaser« abgehen, einen »Holopol« (oder »Zwillingspol« oder »Pol« κατ' ἐξοχήν.) Jede einzelne der Fasern hat einen »Hemipol«. Und wie nun die »Spiralfasern« blosse »Hemipole« besitzen, so verhält es sich auch mit ihren Verwandten, den »Commissurenfäden«.

So wäre z. B. die grosse Zelle in Fig. 13 »unipolar«, obschon sie mit einer »geraden« und einer »spiraligen Faser« in Verbindung steht und ausserdem an 3 kleine Zellen je einen »Commissurenfaden« abgiebt.

Es ist wichtig, dass man sich bei den nackten Amphibien über diese Verhältnisse Rechenschaft gebe, weil man dann auch leichter die noch viel complicirtern Verhältnisse bei den nun zu besprechenden übrigen Wirbelthieren verstehen wird.

Die Prinzipien, nach welchen bei Fischen, Vögeln und Säugethieren (ich untersuchte etwa 15 Species aus diesen 3 Classen) der Zusammenhang zwischen Ganglienkugeln und Nervenröhren hergestellt ist, sind die gleichen, wie bei den Amphibien. Auch hier treffen wir die drei Arten von Fasern, die ich bisher beim Frosch beschrieben. Auch die Art ihrer Ursprünge ist die gleiche, wie dort.

Aber der grosse äussere Unterschied besteht darin, dass hier »multipolare Zellen« vorhanden sind — multipolar nicht nur nach der üblichen, sondern auch nach der oben auseinandergesetzten Bezeichnungsweise, die ich anwenden möchte. Freilich vermag ich keinen Beweis für die ausschliessliche »Vielstrahligkeit« aller sympathischen Zellen der genannten Wirbelthiere beizubringen; allein ich habe so oft die »Multipolarität« vertreten gesehen, dass ich sie

als die Regel zu betrachten geneigt bin. Auch nicht von einer Zelle hätte ich mit gutem Gewissen behaupten können, dass sie wirklich weniger als 3 Fasern schon ursprünglich müsse besessen haben.

Für die Anzahl der Fortsätze oder also der Fasern weiss ich kein Fixum anzugeben. Ich habe auch Leydig's Angabe (Lehrb. d. Histol. S. 179 u. Fig. 89) nicht bestätigt gefunden, dass die Zahl der Pole sich nach der Zahl der mit dem Ganglion verbundenen Aeste richte.

Aber mitten in dieser scheinbaren Verwirrung und Unordnung ist ein Gesetz mit grosser Consequenz und Constanz befolgt, nämlich das, dass alle Pole der »geraden Fasern« zugleich »Holopole« sind, dass also jeder »geraden Faser« wenigstens eine »Spiralfaser« entspricht. — Es ist aber hier zu berücksichtigen, dass manche »Spiralfasern« nicht auf den ersten Blick, sondern erst bei genauerer Untersuchung ihrer Beziehungen zur Zelle sich als solche zu erkennen geben. Hier nämlich weit häufiger, als beim Frosch, tritt ein Fehlen der Windungen ein, so dass also die »Spiralfaser« in Beziehung auf die »gerade« zur »Parallelfaser« geworden ist.

Gar nicht selten — vorausgesetzt, dass man sehr viele Präparate untersuche — kann man Zellen treffen, die in vollkommner Ausbildung ihrer »Zwillingsfasern« den einfacher gestalteten Zellen des Frosches nicht nachstehen und 3, 4, 5 und mehr Paare derselben aufweisen (s. Fig. 4, 7, 10). — Es kommt ferner bei Nichtamphibien viel häufiger vor, als beim Frosch, dass ein »Holopol« mehr als eine »Spirale« aufweist. (Fig. 6, 9.) Endlich scheinen die »Commissurenfäden« bei jenen eine viel bedeutendere Rolle zu spielen, als bei diesem (Fig. 7, 12, 17).

Somit würde es sich herausstellen, dass die Beziehungen zwischen Zellen und Fasern im sympathischen Gränzstrang bei allen Wirbelthierclassen die gleichen und dass nur in der Zahl der »Pole« die schon angegebenen Unterschiede zu bemerken sind.

II.

Anatomisches Verhalten der Rami communicantes.

Die so überaus wichtige Frage nach Selbständigkeit und Abhängigkeit des Sympathicus kann allein in einer genauen, mi-

croscopischen oder experimentellen Erforschung derjenigen Stellen ihre Entscheidung finden, die auf handgreifliche Weise einen äusseren Zusammenhang beider Nervensysteme herstellen, d. h. der Rami communicantes. Schon die Existenz dieser Rami ist bedeutsam genug und ist ein leider allzuwenig befolgter Wink, der uns ein Enthaltensein feinerer Verknüpfungen in der gehörigen Verbindung ahnen lässt.

Meine Aufgabe war nur auf microscopischem Wege die Verhältnisse des Zusammenhanges zu erforschen. Allein auch dieser Weg ist ein doppelter. Man kann zu gleichem Zwecke die gesunden und (nach Waller's Methode, wovon später) die degenerirten Nerven untersuchen. Ich will hier zuerst von den Untersuchungen der ersten Art reden und die Resultate der Autoren besprechen, ehe ich meiner eignen gedenke.

Wutzer, J. Müller, Retzius und Mayer fanden gemäss Wutzer's Angaben (Müll. Arch. 1834, S. 305 etc.) alle, dass die Rami communic. mit den vordern und mit den hintern Spinalnervenwurzeln in Verbindung stünden, während A. Schmidt 1794 nur eine solche Verbindung mit den Vorderwurzeln gesehen hatte.

Volkmann theilt (Müll. Arch. 1838, S. 274) mit, dass die Rami communic. aus »echt sympathischen,« also im Sympathicus entsprungenen, und aus »Medullarfasern,« also vom Rückenmark stammenden Fasern bestünden. Jene (S. 288) sollen in den Spinalnerven sowohl aufwärts, d. h. central, als abwärts, d. h. peripherisch gehen, aber so, dass die höher gelegnen Rami mehr »sympathische« Fasern central, in tiefer gelegene mehr peripherisch gerichtete austreten. Die »Medullarfasern« dagegen zeigen überall auf sympathischer Seite eine gleichzählige Vertheilung nach oben, wie nach unten.

In Verbindung mit Bidder (B. u. V. die Selbständigkeit d. symp. Nervensyst. durch anat. Unters. bewiesen. 1842) hat Volkmann fernere, genauere Ergebnisse erhalten: Nachdem sie nämlich genügend sicher glauben bewiesen zu haben, dass Fasern von gewisser Feinheit »sympathisch,« andre von gewisser Dicke aber »cerebrospinal« seien, constatiren sie, dass sich im Gränzstrang etwa 99% »sympathische« gegen 1% »cerebrospinale« Fasern vorfinden. (S. 83.) — Die Rami comm. sind nicht die einzigen Wurzeln des Sympathicus (S. 85), denn sie geben an die peripherische Seite des Spinalnerven mehr Fasern ab, als sie von dessen Centralseite her selber

Hat man aber auch jene zwei Abtheilungen von Fasern in ihrer Richtung bestimmt, so bleibt eben doch ein grosses Heer andrer übrig, deren bloss mikroskopische Betrachtung über ihren Verlauf auch nicht den geringsten Aufschluss giebt.

Bis einmal die glückliche Zeit kommen wird, wo man einzelne Fasern in ihrem ganzen Verlauf wird isoliren und auf rein beschaulichem Wege ihren Ursprung, ihre Bahn und ihre Endigung erfahren können, wird man sich also andrer Mittel bedienen müssen, welche mehr Nutzen gewähren, als das Mikroskop allein. Ich möchte als ein solches Mittel bezeichnen die Beobachtung degenerirter Nerven.

Valentin, Nasse, Knoch, Küttner, Waller, Schiff und Andere haben über Degeneration der Nerven Nachforschungen angestellt. Ihre wichtigste und dann namentlich von A. Waller zu weitgehenden Untersuchungen benützte und ausgebeutete Errungenschaft ist der Hauptsatz: »dass durchschnittne, im Uebrigen aber der Einwirkung des lebenden Körpers überlassne Nerven in ihren peripherischen Enden gewisse pathologische Veränderungen mikroskopisch und physiologisch wahrnehmbarer Art erleiden, während solche Veränderungen in den centralen Stümpfen nie auftreten.«

Daraus liess sich mit Sicherheit folgern: dass in centripetaler Richtung ein Heerd liegen müsse, der neben der Ernährung von den Blutgefässen her einen besondern Nutritionseinfluss auf die Faser ausübe, dass also die Verbindung mit eben diesem Heerd erst ausreiche, die Faser functions- und lebensfähig zu machen.

Nun hat nach der allgemeinen Annahme jede Faser ein »Functionscentrum,« d. h. eine Zelle — so lautet die Annahme —, welche der Function der Faser vorstehe. Es handelt sich also vor Allem darum zu eruiren, ob für jede Faser »Nutritions- und Functionscentrum eins seien und zusammenfallen, oder nicht. Eine solche Identität der Centren kommt uns gewiss sehr annehmbar und wahrscheinlich vor. Immerhin ist an andre Möglichkeiten zu denken. Eine beliebige Nervenröhre könnte z. B. nach ihrem Entstehen aus einem Ganglienkörper einen zweiten derartigen Körper durchsetzen, und es könnten die functionellen und nutritiven Einflüsse in sehr mannigfaltiger Weise von diesen zwei Körpern abhängig gemacht sein, ohne dass die Specialitäten jedes derselben äusserlich ausgeprägt und also für das bewaffnete Auge sichtbar wären. — Einzig das aber dieses Eine dafür mit um so grösserer Sicherheit kann immer

bei einer Faser angenommen werden, dass beide Centra in gleicher Richtung gesucht werden müssen; und diese Richtung wird unfehlbar durch die Entartung angezeigt.

Von den verschiedenen Möglichkeiten, welche walten könnten in der Anordnung von »Nutrition« und »Function« in den Nervenzellen, will ich nur eine hervorheben: Denkt man sich eine mit zwei Ganglienkörpern verbundene Faser und jeden Körper begabt mit Einflüssen der Ernährung, wie der Function, so könnte man sich den ersten Körper, welcher der Faser als Ursprung dient, dennoch vorstellen als ton- und massgebend für alle Vorgänge der letztern, während der andere Körper in jeder Beziehung ihm untergeordnet wäre. Man könnte den ersten also bezeichnen als positives Centrum, von welchem ein Impuls selbständiger Art ausginge. Der zweite würde aber eine andere Thätigkeit entwickeln; er würde den von der Faser ihm zugeleiteten Reiz modificiren, sei es, dass er ihn durch Irradiation mittelst »Commissurenfäden« nach andern Zellen und Fasern hin verbreitete, sei es dass er selber direct ihm entgegen wirkte, ihn schwächte und also die Rolle eines negativen Centrums, eines Hindernisses in der Leitung spielte. — Es wird sich nur fragen, ob ein solches Verhältniss auf irgend eine Weise sich kundgeben wird, wenn man degenerirte Nerven mikroskopisch untersucht.

In der That giebt es ein Zeichen, woran eine gewisse wenigstens die Nutritionseinflüsse betreffende Unterordnung von Zellen unter Zellen erkannt werden kann. Dieses gleiche Zeichen erweist sich auch als guten Schlüssel zu den Geheimnissen der sympathicospinalen Faserverbindungen. Es ist dies die Degeneration von Nervenzellen, an deren Besprechung ich bald gehen werde.

Zuerst habe ich Einiges über die optischen Erscheinungen der Degeneration in Nerven zu sagen. Soviel ich aber diese zu urtheilen vermag, ist sie eine zu Ende geführte »Markgerinnung« der Nervencylinder. Der Unterschied zwischen beiden Entartungen ist, dass bei ersterer die Blutzufuhr nicht unterbrochen, bei letztrer aber aufgehoben ist. Im Aeussern bieten beide sehr viele Aehnlichkeiten, welche sich auf sehr unangenehme Weise bemerklich machen an aufbewahrten Nerven, welche anfangs »entartete und gesunde Röhren« neben einander enthielten, später aber, wie ich selber trotz allen conservativen Versuchen erfahren musste, in Folge weiter

bekommen. — Sie constatiren ferner, dass auf der Centralseite der Spinalganglien des Frosches das Verhältniss »dünner« zu »dicken« Fasern 1:50, auf der peripherischen Seite 4:1 sei (S. 71); es entspringen also die in den Spinalnerven des Frosches vorkommenden »feinen« Fasern bei Weitem zum grössten Theil aus Spinal- und Gränzstrangganglien, zum geringern aus dem Rückenmark (S. 84). — Aehnlich soll es sich mit den andern Wirbelthieren verhalten (S. 85 u. 86).

Auch Kölliker (d. Selbstdigkt. u. Abhgigkt. d. Symp. Nervensyst. d. anotom. Unters. bewiesen, S. 19) sieht darin, dass die Rami comm. Fasern an die peripherische Seite der Spinalnerven geben, einen Beweis für das autogene Entstehen von Nervenröhren in Gränzstrangknoten. — Aber er hat sogar dieses Entstehen selber gesehen (S. 17). — Die neben den »ächt sympathischen« Elementen in den Rami enthaltenen unstreitig »cerebrospinalen« Fasern treten ohne Weiteres durch die Gränzstrangknoten durch.

Axmann (l. c. S. 46 u. 47) lässt die Rami bestehen aus cerebrospinalen und »gangliospinalen« (den Spinalganglien entstammten) sowie aus »gangliosympathischen« Fasern. Die letzteren vertheilen sich im Spinalnerven nach oben und hauptsächlich nach unten.

Remak (vgl. Kölliker Hdb. d. Gewebel. S. 359) unterscheidet fast für jedes Gränzstrangganglion einen obern »Ramus comm. spinalis,« der dem Sympathicus cerebrospinale — und einen untern »sympathicus, der dem Rückenmark und den vom betreffenden Spinalnerven versorgten Organen sympathische Fasern zuführe. — Die multipolaren Zellen des Gränzstranges sollen Heerde sein, worin eine Umwandlung cerebrospinaler in sympathische Fasern erfolge.

Obschon ich nun mir wohl bewusst bin, wie leicht bei solchen Untersuchungen ganzer Nervenstämme Täuschungen möglich sind, obschon ich ferner einsehe, dass, wo es auf Bestimmung der Richtung, welche Fasern nehmen, ankommt, die Beobachtung der intacten, gesunden Nerven keinerlei Entscheidung bringt, habe ich doch der Vollständigkeit wegen ähnliche Nachforschungen angestellt, wie die oben genannten Autoren. Doch beabsichtige ich nicht hier die mehr tabellarischen oder statistischen Befunde weitläufig zu beschreiben; vielmehr will ich nur die allgemeinen Resultate betonen.

Ich habe nämlich die sämmtlichen Gränzstrangganglien meh-

rerer Frösche und eine grosse Anzahl Knoten von 2 Tauben und 2 Kaninchen der mikroskopischen Untersuchung unterworfen und gefunden, dass beim Frosch die Rami comm. im Gränzstrange sich gleichmässig nach oben und nach unten, im Spinalnerven aber etwa zu $^1/_3$ central, etwa zu $^2/_3$ peripherisch vertheilen. Bei Taube und Kaninchen ist auf sympathischer Seite das gleiche Verhältniss, auf der Seite des Spinalnerven aber prädominirt die peripherische Richtung über die centrale nicht so stark, wie beim Frosch.

Hierbei sind gewisse Verhältnisse noch besonders zu berücksichtigen. Vorerst sieht man auf sympathischer Seite sehr häufig Fasern aus den Rami comm. stracks die Ganglien durchsetzen — Fasern, die sich also einem weitern, complicirten Verlauf entziehen, wie Valentin's »Lex progressus« ihn im Grunde vorschreibt. Freilich braucht man nicht anzunehmen, dass diese Fasern cerebrospinalen Ursprungs seien; sie könnten ja auch aus Visceralganglien des Sympathicus stammen.

Ein zweiter Punkt, der Beachtung verdient, ist der, dass es Fasern in den Spinalnerven giebt, die mit ihrem einen Ende in den entsprechenden Ramus comm., mit ihrem andern in den Hinterast des Spinalnerven sich einsenken. Es wird in diesem Fall nur eine Verlaufsrichtung der Fasern möglich sein, nämlich die vom Sympathicus her nach dem Ramus posterior hin. Der Ramus posterior der Spinalnerven ist ja ein Hautnerv und enthält keine Zellen. Etwas Aehnliches lässt sich von denjenigen Fasern sagen, die, wie oben erwähnt wurde, die Verbindung herstellen zwischen Ganglien des Gränzstranges und peripherischem Theil von Spinalnerven. Auch sie werden nicht von der Peripherie nach dem Sympathicus, sondern umgekehrt verlaufen.

So scheinen also doch zwei Abtheilungen von Nervenröhren, die die Rami communic. bilden helfen, von vorne herein in ihrem Verlaufe bestimmt zu sein. Ist aber damit gesagt, woher sie stammen? Ob sie von Natur und Geburt sympathisch, oder aber cerebrospinal sind? — Ich glaube nicht; denn immer ist ja noch diejenige Möglichkeit vorhanden, worauf Valentin mit seiner »Lex progressus« aufmerksam macht, dass Cerebrospinalfasern den Sympathicus und seine Ganglien gleichsam als Vehikel benützten, um gewisse Organe, gewisse wiederum cerebrospinale Nerven zu erreichen, die sie nicht ohne bedeutende Verwirrung des ganzen Nervenapparates auf andern Wege erreichen könnten.

Hat man aber auch jene zwei Abtheilungen von Fasern in ihrer Richtung bestimmt, so bleibt eben doch ein grosses Heer andrer übrig, deren bloss mikroskopische Betrachtung über ihren Verlauf auch nicht den geringsten Aufschluss giebt.

Bis einmal die glückliche Zeit kommen wird, wo man einzelne Fasern in ihrem ganzen Verlauf wird isoliren und auf rein beschaulichem Wege ihren Ursprung, ihre Bahn und ihre Endigung erfahren können, wird man sich also andrer Mittel bedienen müssen, welche mehr Nutzen gewähren, als das Mikroskop allein. Ich möchte als ein solches Mittel bezeichnen die Beobachtung degenerirter Nerven.

Valentin, Nasse, Knoch, Küttner, Waller, Schiff und Andere haben über Degeneration der Nerven Nachforschungen angestellt. Ihre wichtigste und dann namentlich von A. Waller zu weitgehenden Untersuchungen benützte und ausgebeutete Errungenschaft ist der Hauptsatz: »dass durchschnittne, im Uebrigen aber der Einwirkung des lebenden Körpers überlassne Nerven in ihren peripherischen Enden gewisse pathologische Veränderungen mikroskopisch und physiologisch wahrnehmbarer Art erleiden, während solche Veränderungen in den centralen Stümpfen nie auftreten.«

Daraus liess sich mit Sicherheit folgern, dass in centripetaler Richtung ein Heerd liegen müsse, der neben der Ernährung von den Blutgefässen her einen besondern Nutritionseinfluss auf die Faser ausübe, dass also die Verbindung mit eben diesem Heerd erst ausreiche, die Faser functions- und lebensfähig zu machen.

Nun hat nach der allgemeinen Annahme jede Faser ein »Functionscentrum,« d. h. eine Zelle — so lautet die Annahme —, welche der Function der Faser vorstehe. Es handelt sich also vor Allem darum zu eruiren, ob für jede Faser »Nutritions- und Functionscentrum eins seien und zusammenfallen, oder nicht. Eine solche Identität der Centren kommt uns gewiss sehr annehmbar und wahrscheinlich vor. Immerhin ist an andre Möglichkeiten zu denken. Eine beliebige Nervenröhre könnte z. B. nach ihrem Entstehen aus einem Ganglienkörper einen zweiten derartigen Körper durchsetzen, und es könnten die functionellen und nutritiven Einflüsse in sehr mannigfaltiger Weise von diesen zwei Körpern abhängig gemacht sein, ohne dass die Specialitäten jedes derselben äusserlich ausgeprägt und also für das bewaffnete Auge sichtbar wären. Einzig das aber dieses Eine dafür mit um so grösserer Sicherheit kann immer

bei einer Faser angenommen werden, dass beide Centra in gleicher Richtung gesucht werden müssen; und diese Richtung wird unfehlbar durch die Entartung angezeigt.

Von den verschiedenen Möglichkeiten, welche walten könnten in der Anordnung von »Nutrition« und »Function« in den Nervenzellen, will ich nur eine hervorheben: Denkt man sich eine mit zwei Ganglienkörpern verbundene Faser und jeden Körper begabt mit Einflüssen der Ernährung, wie der Function, so könnte man sich den ersten Körper, welcher der Faser als Ursprung dient, dennoch vorstellen als ton- und massgebend für alle Vorgänge der letztern, während der andere Körper in jeder Beziehung ihm untergeordnet wäre. Man könnte den ersten also bezeichnen als positives Centrum, von welchem ein Impuls selbständiger Art ausginge. Der zweite würde aber eine andere Thätigkeit entwickeln; er würde den von der Faser ihm zugeleiteten Reiz modificiren, sei es, dass er ihn durch Irradiation mittelst »Commissurenfäden« nach andern Zellen und Fasern hin verbreitete, sei es dass er selber direct ihm entgegen wirkte, ihn schwächte und also die Rolle eines negativen Centrums, eines Hindernisses in der Leitung spielte. — Es wird sich nur fragen, ob ein solches Verhältniss auf irgend eine Weise sich kundgeben wird, wenn man degenerirte Nerven mikroskopisch untersucht.

In der That giebt es ein Zeichen, woran eine gewisse wenigstens die Nutritionseinflüsse betreffende Unterordnung von Zellen unter Zellen erkannt werden kann. Dieses gleiche Zeichen erweist sich auch als guten Schlüssel zu den Geheimnissen der sympathico-spinalen Faserverbindungen. Es ist dies die Degeneration von Nervenzellen, an deren Besprechung ich bald gehen werde.

Zuerst habe ich Einiges über die optischen Erscheinungen der Degeneration in Nerven zu sagen. Soviel ich aber diese zu urtheilen vermag, ist sie eine zu Ende geführte »Markgerinnung« der Nervencylinder. Der Unterschied zwischen beiden Entartungen ist, dass bei ersterer die Blutzufuhr nicht unterbrochen, bei letztrer aber aufgehoben ist. Im Aeussern bieten beide sehr viele Aehnlichkeiten, welche sich auf sehr unangenehme Weise bemerklich machen an aufbewahrten Nerven, welche anfangs »entartete und gesunde Röhren« neben einander enthielten, später aber, wie ich selber trotz allen conservativen Versuchen erfahren musste, in Folge weiter

schreitender Gerinnung der gesunden Elemente bald den Anschein bieten, als hätten sie solche letztre nie enthalten.

Eine im ersten Stadium der Gerinnung befindliche und eine von beginnender Degeneration afficirte Nervenröhre zeigen sich vollkommen gleich beschaffen, dunkelrandig, aber noch parallelwandig. Bald aber werden beide innere Ränder unregelmässig, wellig, mit einspringenden Buchten und Spitzen. Dies ist der Uebergang zum zweiten Stadium, worin eine rectanguläre Abschnürung zuerst grösserer, dann immer kleinerer Stücke auftritt, weil eben die festen, krümligen und die flüssigen, öligen Markfette sich scheiden. Die festen Theile bilden jene Rechtecke, zwischen denen Tropfen der Flüssigkeit sichtbar sind. Die Bindegewebsscheide der Fasern fällt an manchen Stellen ein und so entstehen Varicositäten. Der Axencylinder wird hie und da zwischen den Markstücken sichtbar, welche übrigens nicht immer viereckig, sondern oft riemenähnlich gebildet sind.

Soweit gleichen sich »Coagulation« und »Degeneration.« Jene bleibt hier wohl stehen, wahrscheinlich weil überhaupt jede Spur von Ernährungseinfluss in dem todten Gebilde verschwunden ist und auch von einer Resorption keine Rede sein kann. Die »Degeneration«, aber geht unter dem Einfluss der im lebenden Körper thätigen Kräfte über in eine Resorption, welche nun ein drittes und viertes Stadium der Veränderung bedingt. Im dritten zeigen sich die Ecken der Rectangel abgestumpft und gerundet, die Portionen selber nehmen ab, und so entstehen die im auffallenden Licht weissen, im durchscheinenden schwarzen »Degenerationskügelchen,« die wohl eher als Körner, denn als Tropfen aufzufassen sind. Endlich ist das vierte Stadium eingetreten, sobald auch diese Kügelchen resorbirt und die Bindegewebsscheide also entleert ist. Was mit dem Axencylinder geschieht, habe ich nicht hinlänglich studiren können; doch scheint mir, dass er noch vor der völligen Resorption der Fette verschwindet.

Gewisse Reagentien, namentlich die vielangewandten Säuren ($\overline{A}$ u. CrO_3) rufen ganz gleiche Veränderungen hervor, wie die Entartung oder die Gerinnung. Man hat sich also bei Beobachtung entarteter Nerven vor denselben zu hüten.

Soweit die **Faserdegeneration**. Es treten nun unter Umständen ganz ähnliche »Kügelchen« auch in Nervenzellen auf; diese »Entartungskügelchen« sind auf den ersten Blick von dem gelben Pigment und von der feinkörnigen Substanz der Ganglienkugeln zu

unterscheiden. Bezeichnender aber als diese sind kleine gestielte Knötchen, welche bei Degeneration der Zellen an deren Oberfläche vorschiessen, und welche ich desshalb »Degenerationsknötchen« nenne. (Fig. 21.) Auch diese entstehen theilweise bei Einwirkung von obigen Reagentien.

Ich habe nun an 8 Kaninchen und an etwa 76 bis 78 Fröschen Untersuchungen über Entartung angestellt. Jene wurden 6—12, diese 21—40 Tage nach der Operation getödtet. Ich hielt es für besser die Degeneration nicht zu weit vorschreiten zu lassen, weil eben im letzten Stadium, besonders bei Betrachtung ganzer Nerven die einzelnen Fasern wieder beinahe aussehen, wie im ersten, so dass also Täuschungen hier leicht möglich sind. — Ich lasse hier meine Ergebnisse folgen:

a) Neurotomie der Rami comm. an Fröschen.

Der sympathische Stumpf jedes Ramus war bis auf einen kleinen, oft sogar scheinbar fehlenden Theil degenerirt. Die gesunden Elemente waren in tiefer gelegenen Rami reichlicher, als in höhern.

Es blieb aber die Atrophie der Fasern nicht in dem erstbetroffnen Knoten stehen, sondern pflanzte sich sowohl in höher, als in tiefer gelegenen Ganglien des Gränzstrangs fort, eben so in die Visceraläste.

Es trat ferner in dem entsprechenden Ganglion eine massenhafte Zellendegeneration auf, bestehend in jener eben beschriebenen, auffälligen, in gesunden Ganglien nie getroffnen Veränderung der Zellensubstanz. — Wie ist diese Degeneration entstanden? Jedenfalls weder durch Querleitung noch durch Contagium von den vorbeistreifenden Fasern her, sondern gewiss durch continuirliche Weiterführung der Entartung aus den »primär« erkrankten Fasern mitten in die Ganglienkörper. — Und was muss nun aus dieser Zellenentartung unmittelbar weiter geschlossen werden? Jedenfalls — sofern der frühere Grund- und Hauptsatz richtig ist, was noch Niemand angezweifelt hat, — Nichts andres, als dass »die Zellen der sympathischen Ganglien in einer Art von peripherischem Abhängigkeitsverhältniss stehen von gewissen, jenseits der Nervendurchschneidungsstelle befindlichen Nervencentren.« Es liegt also sehr nahe, an eine Abhängigkeit derselben von Rückenmarks- oder Spinalganglienzellen zu denken.

Auch die »Zellendegeneration« verbreitet sich über das zuerst betroffene Ganglion hinaus; ihr steht hierzu noch ein Mittel zu Gebot, welches der »Faserdegeneration« entgeht, nämlich die »Commissurenfäden;« durch diese kann natürlich die Epidemie eine ganz gewaltige Ausdehnung erhalten.

Der spinale Stumpf der durchschnittnen Rami comm. erkrankt nur zum Theil; dieser Theil ist grösser in tiefer, kleiner in höher gelegenen Aesten. Die gesunden und ein kleiner Theil kranker Fasern, die aber in dem Strom der Spinalfasern bald untergehen, lassen sich im Spinalnerven central verfolgen, während auf peripherischer Seite nur kranke vorkommen. Also sind alle gesunden Elemente zu centripetalem Verlauf bestimmt.

Wie reimt sich nun diese partielle Entartung im spinalen Stumpf mit der totalen im sympathischen? — Es hat mich, ehe ich die Zellendegeneration kannte, dieser paradoxe, aber constante Befund ziemlich in Verlegenheit gesetzt. Eine Probe für die Richtigkeit meiner Beobachtungen hätte es mir geschienen, wenn ich auf jeder Seite gleich viel abnorme, wie auf der andern gesunde Fasern getroffen hätte. — Aber eben die Zellendegeneration half bei der Lösung dieses Räthsels. Sie nöthigte vor Allem schon zu der Annahme: dass ächt spinale Fasern in ächt sympathische Zellen eintreten!

Nun stehen, wie ich früher gezeigt habe, mit jeder sympathischen Froschzelle zwei Fasern in Verbindung. Es steht aber nirgends geschrieben, dass mehr als eine Faser in die Zelle eintreten müsse; und da ohnehin die eine Faser (die »gerade?«) eines jeden »Holopols« von der (den) andern (der »Spirale?«) so sehr verschieden ist, da sie namentlich nach kurzem gemeinschaftlichem Verlauf sich trennen, um entgegengesetzte Wege zu gehen (v. im I. Theil), so möchte sich vielleicht folgende Annahme rechtfertigen lassen, auf die ich weiter unten wieder zurückkommen werde: »Während die eine Nervenröhre eines »Holopols« in den Ganglienkörper eintritt, tritt die andre (treten die andern) aus demselben aus!«

Die »eintretende« Faser bringt der Zelle ihre eigene primäre Entartung; nachdem dann diese Zelle secundär erkrankt ist, geht tertiär die Degeneration auch auf die »austretende« Faser über. Es scheinen nun die Rami comm. gemischt zu sein aus spinalen und sympathischen (eintretenden und austretenden) Fasern, von denen

die erstern nach Durchschneidung primär, die letztern natürlich tertiär entarten.

Es ist unwahrscheinlich, dass bei Durchschneidung eines Ramus comm. Atrophie aller Elemente im entsprechenden Ganglion entstehe; im Gegentheil scheint jedes Ganglion Zufuhr von verschiedenen Rami comm. zu erhalten. Es ist dies eine Art von »Lex progressus,« zwar nicht im Valentin'schen, vielmehr Volkmann'schen Sinn (v. Müller Arch. 1838, S. 288).

Man wird fragen, ob nicht eine Anzahl von Fasern im Gränzstrang und den Rami comm. nur scheinbar gesund bleiben, ob nicht die sogenannten »marklosen« Röhren einer sichtbaren Degeneration entbehren. — Ich habe »Degenerationskügelchen« stets, obschon spärlich, in den scheinbar marklosesten Fasern gefunden, weshalb ich auch auf eine nicht völlige Absenz der Fettscheide an denselben geschlossen habe.

b) Neurotomie der Spinalnerven unterhalb der Rami comm. an Fröschen.

Die peripherischen Stümpfe der Spinalnerven waren ganz degenerirt; die centralen schienen auf den ersten Anblick gesund, ebenso waren es die Rami communicantes. Das Alles war zu erwarten, da ja sowohl aus den Rami comm., als aus den Spinalnervenwurzeln die Fasern in den Spinalnerven peripherisch laufen.

Einige Röhren im Centralstumpf der Spinalnerven fand ich stets entartet. Dies machte mich anfangs stutzig, um so mehr, als ich keine entsprechenden gesunden im peripherischen Theil des Nerven fand. — Ich dachte nun zuerst an die Magendie'schen »recurrirenden Fasern,« welche aus einer Spinalwurzel austreten, kurze Zeit im Stamm verlaufen, endlich aber wieder umbiegen und in die andre Wurzel sich einsenken. — Später fielen mir andre Fasern ein, die man am Ende auch »recurrirend« nennen könnte, indem sie aus dem Ramus communic. in den Spinalnerven einbiegen, eine Zeit lang in diesem peripherisch verlaufen und dann auch umkehren, um sich centripetal zu wenden. — Für beide Faserarten wird, insofern ihre Umbiegungsschlinge von den Schenkeln abgeschnitten wird, das gleiche Degenerationsbild eintreten. Es wird der im Centralstumpf der Spinalnerven centrifugal laufende Schenkel der Faser gesund bleiben, dagegen die Schlinge im peripherischen und der centripetale Schenkel im centralen Stumpf mit Fettkörnern erfüllt erscheinen.

c) Neurotomie der Spinalnerven oberhalb der Rami comm. an Fröschen.

Hier verhielt sich der Ramus comm. genau so, wie sich der sympathische Stumpf nach der Operation a.) verhielt, d. h. er war, wie ein solcher, völlig entartet. Dies ist sehr begreiflich: Alle spinalen Fasern, welche sich in den Ast begeben, sind durch den Schnitt von ihrem Centrum (Spinalganglion oder Rückenmark) getrennt worden, sind also primär entartet; durch secundäre Zellenentartung und daraus entstandene tertiäre Erkrankung (v. früher) der »austretenden« Fasern, welche den gleichen Ramus durchsetzten, musste die vollständige Entartung des letztern herbeigeführt werden.

Freilich waren eine kleine Zahl gesunder Fasern sowohl im Ramus communicans, als in dem peripherischen Spinalnervenstumpf nachzuweisen; diese glaube ich aber betrachten zu müssen als Fasern, die aus entfernteren, nicht von der Degeneration befallenen Ganglien des Gränzstranges stammen.

Der peripherische Spinalnervenstumpf verhielt sich mit Ausnahme weniger gesunder Elemente der eben angedeuteten Art genau, wie er sich nach der Operation b) würde dargeboten haben.

Im centralen Spinalnervenstumpf überwogen die normalen Fasern bedeutend; spärliche entartete traf ich zwar auch. Man muss von diesen annehmen, dass sie im Gränzstrang entsprungen und durch die Operation eben von ihrem Centrum getrennt worden seien.

In den Spinalganglien war von »Zellendegeneration« keine Spur zu sehen!

Ueber den weitern Verlauf der sympathischen Fasern in den Spinalnervenwurzeln, über ihr Auftreten im Ramus posterior und im Rückenmark (?) weiss ich noch Nichts Sicheres zu berichten.

d) Degeneration bei Kaninchen.

Hier kann ich mich kurz fassen, da ich im Wesen die gleichen Resultate erhielt, wie bei Fröschen. Ich durchschnitt den Kaninchen die Verbindungsäste zwischen Ganglion supremum des Halsgränzstranges und Vagus. Nach 6—12 Tagen liessen sich an diesen Nerven folgende Thatsachen feststellen:

Die sympathischen Stümpfe jener Rami waren stets entartet; im Ganglion war reichliche »Zellenentartung« vorhanden. [Ich erwähne, dass ich diese Veränderung der Ganglienkörper eben an Kaninchen zuerst gefunden habe, wie sie denn auch hier leichter, als an Fröschen, zu beobachten ist.] — Ebenso liessen sich kranke

Fasern über und unter dem Ganglion supremum wahrnehmen, weiterhin im Ganglion caroticum, waren auch abwärts verfolgbar bis zum Ganglion medium (imum?), in die Rami comm. zum Halsgeflecht und Plexus brachialis und in diese Nervenanastomosen selber hinein. Sogar Zellendegeneration glaube ich einmal im Ganglion medium gesehen zu haben.

Die Vagusstümpfe der verbindenden Rami zeigten ein gemischtes Aussehen, etwa 1/3 gesunde, 2/3 entartete Elemente. Es erwies sich dann auch, dass das eine Dritttheil kranker Fasern sich im Vagus peripherisch, das andre central wandte, während das letzte Dritttheil, das die gesunden enthielt, fast ganz von der Centralseite des Vagus sich nach den Rami comm. begab. — Im Plexus ganglioformis war — ähnlich wie in den Spinalganglien beim Frosch — keine Zellen-, wohl aber Faserdegeneration zu bemerken. — Ich vermuthe, dass diese »sympathischen« Fasern, die in den Spinalnerven des Frosches und in dem Vagus der Kaninchen centripetal verlaufen, zu den Gefässen von Rückenmark und Gehirn gehen möchten (!?).

Nach Durchschneidung des Vagus unterhalb des Plexus ganglioformis war der centrale Stumpf nicht, der peripherische gänzlich entartet; von »recurrirenden« Fasern Nichts; die Rami comm. ganz normal.

Ich glaube nicht die Aehnlichkeit zwischen den bei zwei so verschiedenen Thierspecien — Frosch und Kaninchen — erhaltenen Befunden noch besonders hervorheben zu müssen. Die Hauptpunkte stimmen vollkommen überein.

e) Genauerer Verlauf der Degeneration.

So interessant und wichtig es nun wäre zu erfahren, wie denn eigentlich die Degeneration durch die Ganglienkörper verläuft, so ausnehmend günstig müsste der Zufall sein, der einen Einblick in diese dunkeln Gänge verschaffte. Hauptschwierigkeit wird eben hier immer der Umstand, dass man die zu untersuchenden Ganglien nicht mit Reagentien und namentlich nicht mit Säuren behandeln darf, weil diese auch in gesunden Nervenelementen ähnliche Erscheinungen hervorrufen, wie sie die entarteten zeigen; ferner, weil Reagentien überhaupt in mannigfacher Weise verändernd auf die Nervensubstanz einwirken. Es bleibt also nur übrig, auf mechanischem Wege Zellen zu isoliren, also die Ganglien zu zerzupfen. Dabei wird aber das Bindegewebe, das die Zellen umhüllt, natürlich kaum

oder nur unvollständig entfernt, während mit eben jenen Reagentien es so durchsichtig wird, dass seine Anwesenheit kein Hinderniss mehr bietet; es werden auch durch die zerzupfenden Nadeln sehr leicht die Nervenelemente selber zerstört.

Ich halte es für einen besonders glücklichen Zufall, dass ich nach viel vergeblichen Versuchen endlich beim Frosch dazu gekommen bin, etwas Näheres über jene Vorgänge zu erhalten. Ich fand nämlich an drei isolirten Zellen vom Frosch, welche degenerirt waren, folgendes Verhalten:

»Die Zellensubstanz stark gekörnt; die »gerade Faser« mit reichlichen, aber sehr feinen »Degenerationskügelchen« besetzt bis dicht an den Zellenrand; die »Spiralfaser« dagegen — ohne »Kügelchen!« (Fig. 5).

Andere Zellen aus den gleichen Nervenknoten, im Uebrigen den eben beschriebenen gleich, zeigten sich doch darin wieder verschieden, dass auch ihre »Spiralen« und ihr »Spiralnetz,« ja sogar bei einer ganz deutlich das »Wurzelnetz« mit minutiösen »Pünktchen« oder »Kügelchen« besetzt war. (Fig. 18.)

Konnte also aus diesen letzten Bildern geschlossen werden, dass auch das »Spiralnetz« etc. an der Degeneration der Zelle theilnehmen kann, und verglich ich nun mit den vorhin geschilderten Zellen, so musste ich nothwendig auf die Vermuthung kommen, dass in ihnen eben die Erkrankung im Momente der Untersuchung noch nicht bis in die Spiralen vorgeschritten war, und ich erhielt also folgenden Verlauf der Degeneration:

»Es erkranken bei der Durchschneidung der Rami comm. zuerst die Fasern, die dadurch von ihrem Centrum, sei dieses nun Rückenmark oder Spinalganglion, abgetrennt worden sind; diese sind die »geraden Fasern« der sympathischen Zellen. Hierauf breitet sich die Atrophie auch auf die mit diesen Fasern verbundenen Ganglienkörper aus und geht endlich theilweise durch Vermittlung der »Commissurenfäden« über auf andre Körper, oder direct theilt sie sich den »Spiralfasern« mit.«

Soll ich schliesslich in möglichster Kürze die Hauptpunkte meiner Ergebnisse erörtern, so möchte dies etwa folgendermassen geschehen können:

1) Die sympathischen Zellen der Wirbelthiere stehen entweder bloss an einem Pol (»Holopol«) — so beim Frosch — oder an mehr

als zweien — so bei den übrigen Wirbelthieren — in Verbindung mit je zwei Fasern, deren eine (»die gerade«) nach Verlust oder Verringerung ihrer Fettscheide die Zellensubstanz stracks durchsetzt und im Nucleus endet, während die andre (»die spiralige«) mit dem Nucleolus durch ein »Fadennetz« sich in Zusammenhang setzt. An andern Stellen (»Hemipolen«) entspringen auch aus dem »Fadennetz« Fasern (»Commissurenfäden«), welche diese Zelle mit andern sympathischen Zellen verbinden.

2) Jeder Ramus comm. besteht aus cerebrospinalen Fasern, die dem Sympathicus zueilen, und aus sympathischen Fasern verschiedener Ganglien, welche von oben nach unten mit abnehmender Menge im Spinalnerven central, mit zunehmender Menge peripherisch verlaufen.

3) Die »geraden Fasern« der sympathischen Zellen sind cerebrospinal, d. h. sie entstammen den Zellen des Rückenmarks, der Spinal- und Gehirnnervenganglien und treten in sympathische Zellen ein. — Die »Spiralfasern« sind ebenso gut, als die ihnen durch Ursprung verwandten »Commissurenfäden« ächt sympathisch und treten aus den Zellen des Sympathicus aus, um entweder Visceraläste der letztern, oder Spinalnerven zu verstärken, oder endlich ins Gehirn oder Rückenmark zu gehen.

4) Die sympathischen Zellen sind, eben weil sie »Cerebrospinalfasern« aufnehmen, nicht als Heerde positiver Function für die »sympathischen Fasern« zu betrachten, sondern entweder nur als »Nutritionscentra (Schiff),« oder als negative Functionscentra im Gegensatz zu den positiv wirkenden Cerebrospinalzellen, als Hemmer der von diesen ausgehenden Function.

5) Es steht also jedenfalls der Sympathicus in einem Verhältniss innigster Abhängigkeit zum sogenannten »animalen« Nervensystem. Doch darf ihm eine schwache Selbständigkeit auch nicht abgesprochen werden, welche sich z. B. in dem Umstand zeigt, dass auf je eine »gerade Faser« hie und da zwei, drei — statt nur einer — »Spiralfaser« kommen können.

Erklärung der Abbildungen auf Taf. II.

Fig. 1. Gränzstrangzelle vom Frosch; neben der „geraden Faser“ 3 gekernte „Spiralen,“ deren eine mit eigner Scheide sich früh abtrennt; mehrere „Commissurenfasern,“ wovon eine direct aus dem Nucleolus austritt, bei a.

„ 2. Zelle vom Frosch in ihrer Bindegewebsscheide, mit schönem „Fadennetz,“ dunkelrandig werdender „gerader“ und hie und da doppelter „Spiralfaser.“

„ 3. Exquisite Glockenform und prächtiges „Spiralnetz“ mit 2 sich entwickelnden „Spiralen“ vom Frosch.

„ 4. Tripolare Zelle von der Katze; an 2 Polen schöne „Spiralen;“ am 3. Pol die „Spirale“ abgerissen.

„ 5. Frische, degenerirte „Becherzelle“ vom Frosch. Die „Spirale“ ohne Windungen und ohne Spuren der „Degeneration,“ welche dagegen die gekernte „gerade Faser“ auch zeigt.

„ 6. Zelle vom Hund. Scheinbare Bipolarität; aber an einem Pol mehrere „Spiralen.“

„ 7. Zelle vom Menschen, tripolar, jeder Pol mit „Spirale,“ dazu ein „Hemipol“ einer „Commissurenfaser.“

„ 8. „Becherzelle“ vom Axolotl (Siredon pisciformis). Beide Fasern bei ihrer Trennung dunkelrandig werdend.

„ 9. Zelle von der Taube; einer der 4 Pole mit 3 „Spiralfasern.“

„ 10. Zelle von der Ratte; 3 von den 5 Polen mit exquisiten „Spiralen.“ Die „Gerade“ eines fernern Pols bis zum Kern verlängert.

„ 11. Zelle vom Huhn.

„ 12. 3 Zellen vom Kalb mit vorzüglich schönen reich gekernten „Commissurenfäden.“

„ 13. 4 Zellen vom Frosch, die unter sich durch sehr feine, ungekernte „Commissurenfäden“ verbunden sind.

„ 14. 8 Zellen vom Frosch, mit ihren Scheiden in einem Stück der Bindegewebsvagina eines sympathischen Ganglions gelegen; durch schöne „Commissuren“ unter einander zusammenhängend.

„ 15. Zelle vom Frosch; die „Spiralfaser“ ohne Windungen trennt sich bald von der „geraden.“

„ 16. Zelle vom Frosch; ähnliche Trennung der beiden Fasern, wie in Fig. 8.

„ 17. 2 Zellen von der Ratte in gemeinschaftlicher Bindegewebsscheide und durch reichliche „Commissuren“ verbunden.

„ 18. Frische, degenerirte „Becherzelle“ vom Frosch, mohnfruchtähnlich; im Uebrigen wie Fig. 5.

„ 19. 2 Zellen vom Frosch aus der Bindegewebsvagina; ihre später von 2 Seiten her sich vereinigenden Fasern zeigen keine Spur von dunkeln Rändern, aber viele Kerne.

„ 20. Zelle vom Frosch; die „Spiralfaser“ dicker als die „gerade,“ nach nur einer Windung von dieser sich trennend.

„ 21. Einige „degenerirte“ Zellen vom Frosch, an welchen wegen

des noch umgebenden Bindegewebes vom „Fadennetz" und „Spiralen" Nichts zu sehen war; exquisite „Degenerationsknötchen."

Fig. 22. „Uebergangsfasern" aus dem Ischiadicus vom Frosch.

„ 23. Trennung der „geraden" und der „Spiralfasern" aus einem Ramus comm. des Frosches.

„ 24. Scheinbar bipolare Zelle vom Eichhorn. Schöne „Spiralen."

„ 25. Zelle vom Frosch; reichliche Windungen der „Spiralfaser."

„ 26. „Bindegewebstroma" aus einem Ganglion des Frosches.

Methoden der Untersuchung.

Für die speciell histologischen Untersuchungen bediente ich mich der von J. Arnold (Virch. Arch. Bd. 32, Separatabdr. S. 40 etc.) angegebenen Reagentien: Ā und CrO_3 in ganz bestimmten Concentrationen. — Ferner wandte ich $AgO \times NO_5$ von 0,5 % Verdünnung an, vorzüglich zur Erforschung des „Fadennetzes."

Aber mit diesen und andern Reagentien gelangt man ohne Zerzupfen der Ganglien mit Nadeln nie zu einer vollständigen Isolation. Wie sehr aber zu solchem erfolgreichen Zerzupfen Geduld und Glück nothwendig sind, habe ich genugsam erfahren können — namentlich auch bei der Untersuchung „degenerirter Zellen."

Möglichst frisch beobachtet und ohne Reagentien, d. h. nur mit Eiweiss und Wasser behandelt sind die in Fig. 5, 18 und 21 abgebildeten Zellen.

4—6 Tage in Ā von 0.2 % gelegen haben die Zellen von Fig. 13—16, 19, 20, 22, 23, 25, 26. Einem Alkoholpräparat entnommen ist Fig. 7. Alle übrigen Fig. stellen Präparate nach Arnold's Methode vor.

Ueber ein Instrument für mikroskopische Präparation.

Von

V. Hensen.

Hierzu Taf. III.

In einer Arbeit über das Gehörorgan der Krebse [1] habe ich 1863 ein Instrument unter dem Namen »Querschnitter« beschrieben, welches ich für schwierige Schnitte und Präparationen mit Vortheil verwandt hatte. Ich beschrieb dies Instrument nur in grösster Kürze, weil dergleichen mechanische Hülfsmittel bei den Fachhistiologen etwas in Verruf gekommen sind. Die Erfahrung hat eben gelehrt, dass man mit Rasirmesser, Scheere und Nadel bis jetzt und zwar am besten auskam, so dass man nicht mit Unrecht misstrauisch auf neue Hilfsinstrumente blickt. Jetzt sind beinahe vier Jahre verflossen, seitdem ich mit meinem Instrumente gearbeitet habe, während dessen hat sich dasselbe sowohl ausgezeichnet bewährt, als auch ist es meinen Erfahrungen entsprechend vervollkommnet worden, daher glaube ich doch eine genauere Beschreibung jetzt vorlegen zu müssen.

Mit dem Instrument werden unter dem Mikroskop Schnitte gemacht und insofern beruht es auf einem noch kaum angewandten Princip, wenigstens werden alle Schneideinstrumente, auf welche ich bei den litterarischen Nachforschungen gestossen bin, ohne Beihülfe von Vergrösserungen gebraucht. Ich kenne nur eine Ausnahme, auf welche ich durch Henles Jahresbericht aufmerksam wurde. H. D. Schmidt beschreibt im American Journal of the Medical Sciences

1) Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie Bd. XIII.

1859 in einem Aufsatz: on the Minute Structure of the Hepatic Lobules — zwei Schneideeinrichtungen, von denen die eine dem Mikrotom von Oschatz und Welker im Prinzip gleicht, die andere aber für Präparationen und Schnittführung bei stärkeren Vergrösserungen berechnet ist. Der Apparat, von dem mehrere Holzschnitte gegeben sind, ist sehr complicirt und gleicht dem meinen durchaus nicht. Da ich glaube, dass er in einzelnen Fällen wohl zu gebrauchen ist, und da das Original nicht Jedem zur Hand sein dürfte, möchte ich ihn kurz skizziren. Eine der Einrichtungen besteht in einer, an der Spitze zu einem Haken eingebogenen Nadel, welche in einem runden gleichmässig dicken Metallstab befestigt ist. Dieser wird durch eine seitlich am Mikroskop stehende Hülse geschoben, die um eine Vertical- und eine Queraxe drehbar ist. (Dieselbe Bewegung würde vielleicht besser durch eine durchbohrte Kugel und Kugelgelenk erreicht.) Eine kleine Feder drückt die Nadel gegen das Object, so dass man sie in dieser Stellung stehen lassen kann. Die ganze Einrichtung ist einfach und dürfte bequem sein. Der eigentliche Apparat ist ein auf den Objecttisch zu setzende Platte, deren rundes zum Tragen des Objects vorragendes Mittelstück durch 3 Räder um seine Axe drehbar gemacht ist. Auf der Platte sind vier Apparate zur Präparation vertheilt. Einer davon besteht aus einem kleinen Spatel, der, durch eine Feder niedergedrückt, bestimmt ist das Object zu halten. Die drei anderen sind Nadel- oder Messerträger. Jeder von ihnen wird durch 4 Schrauben in der gewünschten Richtung bewegt, Schrauben, deren Verhältnisse ohne Abbildung nicht näher anzugeben sind, es genügt aber zu wissen, dass die Hand nicht direct wirken kann, sondern nur durch Drehung der Schrauben. In die Träger werden nach Bedürfniss Messer, Scheeren (Strauss-Durkheimsches Mikrotom) oder Nadeln gebracht. Man kann bei geringem Fokalabstand damit arbeiten, am besten wenn die Linse benetzt ist, also mit Stiplinsen. Ich zweifle nicht dass dieser Apparat, wenn gut gearbeitet, sehr grosse Genauigkeit der Bewegungen geben muss, auch wäre er gewiss zu vereinfachen und also allgemeiner brauchbar zu machen. Ich erwarte dennoch nicht viel von diesem Instrument, weil es meiner Meinung nach dem Stande unserer Wissenschaft vorauseilt; nur in den seltensten Fällen treten Fragen an uns heran, die im Uebrigen allseitig durchforscht, wesentlich und nur durch so zarte beschränkte Präparation bei 2—800maliger Vergrösserung zu lösen wären

und die zugleich die Unbequemlichkeiten der Präparation dadurch lohnen könnten, dass sie lebendig in den Fortschritt der Wissenschaft eingreifen. Indem ich dies sage, komme ich nicht in Conflict mit dem was ich selbst hier empfehle. Meine Präparation geschieht fast aus freier Hand, jedenfalls mit sehr freier Beweglichkeit bei nur 50facher Vergrösserung. Es ist der natürliche Weg mit kleinen Hülfsmitteln und schwacher Vergrösserung anzufangen, und ich glaube, dass wir jetzt in der Lage sind dieselbe zu gebrauchen und zu verwerthen, vor Jahren aber noch nicht durch feinere Präparationen gefördert sein würden. So halte ich dafür, dass es für einen grossen Fortschritt zeugen wird, wenn Präparationen nach der Art von Schmidt zu häufiger Verwendung in dem organischen Gang der Forschung gelangen.

Das Verfahren, welches beim Querschnitter in Anwendung kommt, ist dasjenige, welches zuerst von H. Müller für die Darstellung feiner Querschnitte aus erhärteter Retina empfohlen und gebraucht ist. Er breitete bekanntlich die Retina auf dem Objectträger aus und gewann dann die Schnitte, indem er das unter spitzem Winkel angesetzte Messer ohne zu ziehen über den Rand der Retina hinweggehen liess. In derselben Weise wie dort läuft auch mein Messer über das Präparat hin, aber während seine Stellung und Bahn unveränderlich gemacht ist, wird die Dicke und Richtung des Schnittes durch Verschiebung des Präparats bestimmt. Es hat jedoch seine Schwierigkeit die Bahn des Messers zu fixiren und dabei es zu zwingen, ohne Zugwirkung über das Glas hinzugehen. Wenn man nach Müllers Methode mit dem Rasirmesser schneidet, wird man bemerken, dass das freie Ende desselben eine etwa elliptische Curve beschreibt. Diese Curve wird bestimmt durch die Länge des Messers, die Form der Schneide und den Ort wo die Schneide sich auf dem Glase befindet. Zwingt man die Spitze entweder sich nur um eine Queraxe zu drehen oder nur sich horizontal oder vertical zu bewegen, so wird das Messer beim Schneiden sich auf dem Glase verschieben müssen, es wird eine Zugwirkung eintreten. Umgekehrt, wenn man die Spitze zwingt, sich stets in der betreffenden Curve zu bewegen, wird die Schneide niemals eine Zugwirkung bei den gegebenen Verhältnissen ausüben können. Dieser Regel entsprechend ist mein Instrument gebaut, zu dessen Details ich nunmehr übergehe.

Der Apparat, Fig. 1 in Thätigkeit dargestellt, ruht auf zwei

schmalen Platten a. a, welche durch einen Bügel b mit einander fest verbunden sind. Die beiden Platten werden beim Gebrauch je durch eine bewegliche Klemme c, deren Details die Fig. 2 ergiebt, an den Tisch des Mikroskops befestigt. Auf der Platte der rechten Seite findet sich ein Klotz angelöthet, welcher eine Scheide c trägt, die zur Führung der Messerstiels bestimmt ist. Diese Scheide ist Fig. 3 in der Seitenansicht gezeichnet, sie besteht aus zwei festen Platten b. und einer beweglichen i, welche durch eine Feder d gegen den im Durchschnitt gezeichneten Stiel des Messers f angedrückt wird. Durch zwei Schrauben wird die Stärke des Drucks, mit welchem das Messer festgehalten wird, so regulirt, dass eine leichte aber doch unabänderliche Bewegung des Messers erfolgt. Das Messer bleibt losgelassen in jeder Lage stehen, so dass man dann seine rechte Hand frei verwenden kann.

Auf der linken Seite findet sich über der Platte gleichfalls ein Klotz, welcher jedoch durch Schrauben fixirt und in seiner Höhe über dem Tisch veränderlich ist. Auf diesem Klotz ist eine bewegliche Hülse angebracht, welche das Ende des Messers enthält.

Wir haben hier von letzterem abgesehen drei Stücke zu unterscheiden:

1) eine kurze feststehende Scheide von 3 Mm. Höhe, welche die Drehungsaxe trägt, sie ist in der Figur wenig sichtbar.

2) ein Mittelstück Fig. 4 b, welches eine Führungsstange h trägt.

3) eine Hülse c die um eine Queraxe drehbar nach rechts und links sich neigen kann.

An dem Mittelstück ist das Ende des Messers befestigt Fig. 4 d, es durchbohrt dasselbe und ragt mit einem Knopf d aus ihm hervor. Ein Schieber Fig. 4 e, den man Fig. 5 von vorn sieht, umfasst diesen Knopf und fixirt ihn so, dass das Messer bequem gewechselt werden kann ohne sonst etwas an dem Apparat zu stören. Das Mittelstück, mit dem also das Messer unbeweglich verbunden wird, enthält einen schräg gestellten, schwach gebogenen Schlitz g, durch den eine feste Axe verläuft, es kann sich also drehen, heben und senken. Die Hebung tritt ein wenn dass Messer auf dem Objectträger schneidet, die Senkung, wenn man es von dem Objectträger entfernt. Eine Spiralfeder f, welche zwischen der beweglichen Hülse und dem Mittelstück liegt, sorgt für die prompte Senkung des Endstücks und setzt zugleich der Hebung einen gewissen Widerstand

entgegen, welcher bewirkt, dass das Messer nicht gar zu leicht über das Object hinläuft, sondern dasselbe wirklich durchschneidet.

Von der Form und Richtung des Schlitzes hängt es ab, ob jede Zugwirkung vermieden ist, hier wäre wohl noch eine vollkommenere Einrichtung zu machen, etwa durch einen horizontal laufenden Schlitten. Um vorläufig die Aenderung, welche der Verschleiss des Messers in der Bewegung hervorbringt zu compensiren, ist der Klotz des Drehungsapparates um so viel zu senken, wie die Klinge sich verschmälert hat. — Die Klinge des Messers ist etwa 1 Zoll lang und $^1/_5$ Zoll hoch. Die Schneide ist ein wenig convex und erhält sich durch den Gebrauch selbst so gleichmässig, dass nicht die kleinste Lücke zwischen ihr und einer ebenen Glasplatte bleibt. Das Messer ist auf der vorderen Seite glatt oder wenig concav und so gestellt, dass man von oben noch deutlich die Schneide sieht, die hintere Fläche wird also von oben nicht gesehen. Fig. 6 zeigt den Durchschnitt. Das Messer hält sich etwas länger scharf wie ein Rasirmesser, weil die Führung sicher ist, sehr lange hält es aber dass Schneiden auf Glas nicht aus. Da aber die Klinge so klein ist, lässt sie sich sehr leicht wieder schärfen.

Der Gebrauch des ganzen Instruments ist äusserst einfach. Man befestigt es mit den Klemmen der Art, dass das Messer wie Fig. 7 zeigt etwa $^1/_4$ des Gesichtsfeldes und zwar des dem Beobachter wirklich zunächst liegenden, bedeckt, alsdann schiebt man mit der linken Hand das Präparat vor, drückt das Messer bis dicht an dessen Oberfläche, über der kein Messer stehen sollte, herab, und verschiebt das Objectglas in der Weise, dass die Schneide genau über der Stelle steht die durchschnitten werden soll. Man kann auch das Messer etwas danach biegen, aber das ist nicht richtig. Ist das Präparat sehr resistent oder kugelig und elastisch, so weicht es wohl dem Schnitt aus, dann muss man es eben mit der Hand fixiren, was meistens nicht schwierig ist und ja auch beim Schneiden mit dem Rasirmesser nöthig wird.

Ein solcher Apparat hat seine bestimmte Breite und passt deshalb nur für Tische, deren Breite nicht über $^1/_2$ Zoll abweichend ist. Es wird also nöthig die Breite des Tisches anzugeben für den der Apparat zu machen ist [1]).

1) Instrumentenmacher Beckmann in Kiel verfertigt diese Instrumente für 7 Thlr., besser wäre es, wenn ein Optiker sich der Sache annähme.

Die Schnitte werden nicht so wie diejenigen, welche durch den Zug eines sehr hohlen mit Alkohol befeuchteten Rasirmessers aus freier Hand zu gewinnen sind; diese von Stilling empfohlene Methode ist in der That unvergleichlich.

Es ergiebt sich daher die einfache Regel, dass man erst dann zum Schneiden auf dem Objectträger resp. zum Querschnitter greifen darf, wenn die Objecte zu fein oder dünn für die freie Hand geworden sind. Man kann dann mit umgekehrtem Bild arbeiten, weit besser ist es aber ein bildaufrichtendes sog. pankratisches Ocular zu benutzen, dessen Preis freilich 10 Thlr. beträgt. Ein kleiner Vortheil liegt noch darin, dass die Erhärtung weniger stark zu sein braucht als für Schnitte aus freier Hand.

Die Fälle, wo man den Querschnitter mit Erfolg anwenden kann, sind zahlreich genug und werden sich ohne Zweifel mit dem Fortschritt der Mikroskopie noch vermehren. Ich will mir erlauben einige generelle Beispiele der Anwendung vorzuführen.

Wenn man zarte Blasen, z. B. die Otolithenblasen der Schnekken isoliren will, wird man mit Nadeln, deren Zugwirkung sich nie genau beschränken lässt, die Blasen ohne Zerrung und Verrückung der Otolithen gar nicht isoliren können, wenn man überhaupt die Kapsel rein und heil gewinnt. Mit dem Querschnitter ist man im Stande, sie sehr gut von dem anhängenden Gewebe loszuschneiden und wird sie schliesslich noch an derjenigen Stelle öffnen oder durchschneiden können, die man dazu passend findet.

Mikroskopische Objecte die locker anhaften, wie z. B. die Epithelwülste auf der Crista acustica wird man bei genügender Vorsicht mit unserm Instrument nach mehreren Richtungen hin zerlegen können. Von der Papilla spiralis in der Schnecke z. B., die mit blossem Auge schon schwieriger zu sehen ist, machte ich Längsschnitte [1]) die ich nach Wunsch führen konnte, sei es durch die innern, sei es durch die äussern Bogenfasern oder durch eine Reihe Cortischer Zellen; dies mit blossem Auge zu thun ist so gut wie unmöglich, weil man die Details der Papille nicht mehr zu erkennen vermag. Man könnte nun vielleicht glauben, solche Schnitte seien eine unnöthige Spielerei. In der That fertigte ich sie zuerst nur aus

1) Zeitschrift f. wissenschaftl. Zoologie XIII. Taf. 34. Fig. 21. In diesen Zeichnungen kam es mir auf die Stäbchen an, im Uebrigen hätte ich elegantere Präparate wählen können.

Vergnügen an meinem Instrument, aber ich fand, dass sie mir sehr lehrreich wurden, und sollte ich noch einmal wieder die Untersuchung der Schnecke aufnehmen können, so würden mir gerade diese Schnitte das Hauptmaterial zur Erforschung der Nerven abgeben.

Aehnlich ist der Fall, wenn man bei Embryonen zwischen den Urwirbeln der Länge oder Quere nach durchscheiden will, die Urwirbelhöhle anzuschneiden hat, das Gehörbläschen, einen Nerven in den Schnitt fassen will u. s. w. mit Geduld und Ausdauer wird auch auf gewöhnlichem Wege der Schnitt gewonnen werden, aber nur mit grossem Verlust an Material, Zeit und Mühe, und am Ende fühlt man sich nicht völlig sicher, ob der Schnitt nun wirklich ganz nach Verlangen ausgefallen ist.

Wenn es sich darum handelt ein kleines Object ganz in Schnitte zu zerlegen, ist der Querschnitter sicherer und weniger ermüdend wie die Methode von H. Müller.

Als weiteren Vortheil möchte ich endlich noch erwähnen, dass man durch die Behandlung bei stärkeren Vergrösserungen vertrauter und gleichsam intimer mit dem Object befreundet wird, als durch die Behandlung mit freiem Auge oder der Loupe.

Wenn ich demnach das Instrument für manche Untersuchungen zu empfehlen wage, so glaube ich doch darauf aufmerksam machen zu müssen, dass es für Anfänger und mehr dilettirende Untersucher in der Regel wohl nicht viel Werth hat, weil man durch die Fülle der mikroskopischen Gegenstände gefesselt, kaum so sehr tief einzudringen die Neigung hat.

Man ist nicht mit Unrecht geneigt, diejenigen, welche dergleichen Hülfsapparate empfehlen, für weniger geschickt in mikroskopischen Untersuchungen zu halten. Ich habe daher um Anhaltspunkte zu geben meine betreffenden Fähigkeiten geprüft. Wenn mein verdünntes Blut an dem schräg gehaltenen Objectträger herabrinnt, vermag ich bei scharfer Tagesbeleuchtung noch die einzelnen Blutkörperchen als sich bewegende Punkte zu erkennen [1]). Ich hatte

1) Es existiren meines Wissens noch keine Angaben darüber, dass man die unverkalkten Trichinenkapseln in dem todten Muskel selbst sehen könne und doch sind die Kapseln gross genug. In der That gelingt es nicht ohne weiteres, sondern man muss erst, ähnlich wie beim Suchen nach Krätzmilben, das übrigens leichter ist, den Gegenstand studiren. Man erkennt dann die Kapseln im Schweinefleisch ohne Präparation als dunklere die Oberfläche meistens etwas vorwölbende Stellen oder Lücken in Fleisch und den

im Plane zu prüfen, ob ich ein Blutkörperchen mit der Nadel durchbohren könnte, aber die Nadel wird dafür nicht scharf genug. Ich kann jedoch unter der Vergrösserung von jeder Seite her ein gewähltes rothes Blutkörperchen berühren und das Haar eines feinen Oelpinsels, dass an der Spitze bedeutend feiner wie ein Blutkörperchen ist, kann ich einige Pulse hindurch so auf meinen Blutkörperchen halten, dass seine Spitze sich nicht davon entfernt. Das Haar ist jedoch zu biegsam um das angetrocknete Körperchen zu durchbohren. Meine Hand selbst bewegt sich viel stärker, aber es beruht ihre Feinheit darauf, dass entgegengesetzte Muskelbewegungen die Spitze des Instruments in Ruhe halten.

Wenn nun auch von Andern keine Angaben über ein ähnliches Mass der Feinheit vorhanden scheinen, so liegt es doch nur darin, dass man in den Prüfungen nach dieser Richtung nicht so eingehend gewesen ist. Ich glaube nicht dass überhaupt beträchtliche Unterschiede in der Feinheit der Wahrnehmungen und der Bewegungen zur Zeit der vollen Gesundheit vorkommen, wenn nur die nöthige Uebung vorausgegangen ist. Da sich nun zeigt, dass die Feinheit unserer Bewegungen in der That eine so grosse ist, dass sie das Vermögen wenigstens meines kurzsichtigen Auges übertrifft, so dürfte sich daraus ein beherzigenswerther Schluss ergeben; der nämlich, dass im Allgemeinen beim Präpariren wohl nicht die Feinheit der Hand ausgenutzt wird, weil man namentlich bei Präparationen im auffallenden Licht durch das Auge zu sehr sich beschränken lässt. Ich kann darüber freilich im einzelnen Fall kein Urtheil fällen wollen, aber ich wage doch die Frage zu stellen, ob nicht Mancher diese Feinheit verwendbar finden wird, wenn er einmal weiss, dass er sie besitzt?

Will man sie verwenden, so ist man eben genöthigt zu solchen

gewucherten Fettzellen. Auf diese Weise kann man am bequemsten eine grössere Anzahl Trichinen sammeln, wenn das Fleisch nicht sehr dicht besetzt ist. Jedoch schon nach einer Stunde kann ich die Trichinen nicht mehr wiederfinden, und muss erst mit Mühe nach einer besonders günstig gelegenen suchen um dann überall sie liegen zu sehen. Das Bild der Milben behält man im Gedächtniss, das der Trichinen hat wohl so wenig hervorstechendes; man möchte vermuthen, dass die Elemente des Gedächtnisses, hier die differenten Lichtintensitäten, sich hier schon so nahe stehen, dass es nicht längere Zeit erhält. Uebrigens wurden diese Beobachtungen nur an trüben Tagen gemacht. Mit der Loupe sehe ich die Kapseln weniger gut.

Mitteln, wie ich sie vorschlage, zu greifen und zwar empfiehlt sich dazu das pankratische Ocular besonders, weil man es nur mit anderen Ocularen zu wechseln braucht um gleich weiter zu mikroskopiren. Ausserdem finde ich es bequemer mit dem Kopfe dem Präparat nicht zu nahe zu sein, wie dies doch beim einfachen Mikroskop erforderlich ist. Das Ocular ist zwar lichtschwächer wie die gewöhnlichen Oculare, aber das kommt bei schwachen Vergrösserungen nicht in Betracht. Ich kann nur sagen, dass ich niemals mehr (ausser im Cursus) mein Präparat mit dem freien Auge zerzupfe, sondern stets mit dem Ocular, weil die Präparate besser und rascher gemacht sind, und weil es dem Auge bequemer ist. Ausserdem hat man den Vortheil, dass die Nadeln nicht so leicht abgleiten, hängen bleiben, oder sonst in unbequemer Weise das Präparat stören, denn man sieht die Ursachen und weiss sie zu vermeiden. Um Alles zu erwähnen, bemerke ich noch, dass man nie mehr stumpfe Nadeln duldet, während sonst bei einem geschickten Präparateur leicht, wie ich glaube, eine Indifferenz gegen diesen Punkt sich störend einschleicht.

Auch diese Methode, die mit dem Gebrauch des Querschnitters innig verbunden ist, übe ich seit vier Jahren, und so glaubte ich sie den Fachgenossen einmal vorlegen und zur Prüfung empfehlen zu dürfen.

Erklärung der Abbildungen auf Taf. III.

Fig. 1. Der Querschnitter im Gebrauch; a die Platten welche ihn tragen; b die Stange, welche die beiden Platten verbindet; c die Klemme, durch welche er an den Tisch befestigt wird, (Auf dem Tisch findet sich eine Mohlsche federnde Platte, die nichts mit dem Apparat zu thun hat); d die Scheide, welche den Messerstiel leitet; e Hülse, welche die Bewegung der Spitze des Messers regulirt.

" 2. Eine Klemme für die Befestigung des Apparats am Mikroskop. Ihre Bewegung ist durch die Punktirung angedeutet.

" 3. Scheide für den Messerstiel von der Seite gezeichnet; a der Klotz, auf dem die Scheide festgelöthet ist; b die feststehenden Blätter der Scheide; c bewegliche Schienen; d Feder, welche dieselbe gegen das Messer f anpresst; e Schrauben zur Regulirung des Druckes.

" 4. Hülse für die Spitze des Messers im Durchschnitt gesehen; a der Klotz auf dem sie ruht; b das Mittelstück, in welchem die Spitze des Messers d unbeweglich befestigt wird; b' die Führungsstange des Mittelstücks; c die äussere um die Queraxe bewegliche Hülse, welche von der Führungsstange durchbohrt wird und gegen die sich die Feder f anstemmt; d' Knopf des Messers; g Schlitz, durch den die Bewegung des Messers regulirt wird; e Schott zur Fixirung des Messers.

" 5. Das Schott von vorne gesehen.

" 6. Querschnitt des Messers.

" 7. Das Gesichtsfeld des Mikroskops, durch welches das Messer a quer hindurchgeht indem es ein Präparat (Gehörorgan einer Heuschrecke) quer durchschneidet.

Ueber den Keimfleck und die Deutung der Eitheile.

Von

v. la Valette St. George.

Hierzu Tafel IV.

Der Keimfleck.

Der verdienstvolle Erforscher der Struktur des Eierstockes, Schrön theilt in einer späteren Arbeit[1]) Resultate seiner Beobachtungen über den Keimfleck mit, welche wohl geneigt sind das Interesse der Histologen in Anspruch zu nehmen. Es beziehen sich dieselben hauptsächlich auf das früher schon wahrgenommene, jedoch wenig beachtete sogenannte Korn des Keimfleckes.

Schrön wird durch seine Untersuchungen der Ratten, Kaninchen und Katzen zu dem Ausspruche veranlasst, dass der Keimfleck in einem gewissen Stadium ein solides Korn enthalte und man demnach eine vierte Unterabtheilung der Zelle annehmen müsse. Er geht noch weiter, indem er die Behauptung aufstellt, der Keimfleck sei ein Bläschen.

Ich glaube nicht, dass sich die eine wie die andere Ansicht aufrecht erhalten lässt und hoffe beweisen zu können, dass weder ein solches Korn existirt, noch der Keimfleck die Form eines Bläschens besitzt.

Doch muss ich zugestehen, dass für die Säugethiere ein solcher Beweis äusserst schwierig ist der Kleinheit des Objektes wegen, bei den Eiern mancher Wirbellosen dagegen ist derselbe weit leichter

1) Ueber das Korn im Keimfleck und in dem Kernkörperchen der Ganglienzellen bei Säugethieren in den Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere herausgegeben v. J. Moleschott IX. Band, zweites Heft S. 209.

zu führen und würde gewiss Schrön zu anderen Schlüssen gelangt sein, wenn er diese ebenfalls berücksichtigt hätte.

Neben den Eiern der Katze und des Schafes dienten mir die einer Libellenlarve und der rauhen Assel zum Studium des in Rede stehenden Gegenstandes.

Als Untersuchungsflüssigkeit wurde Jodserum benutzt, welches ein für viele Dinge so brauchbares Medium abgiebt, dass es auf dem Tische keines Mikroskopikers fehlen sollte. Wo es immer angeht, möchte es nützlicher sein Zellen und was aus ihnen hervorgeht frisch zu untersuchen, als deren wenn auch noch schön einbalsamirte, jedoch häufig sehr veränderte Leichen. Für diesen Zweck ist dem nach M. Schultze's Vorschrift durch geringen Zusatz von Jod leicht zu conservirenden Amnioswasser gewiss die erste Stelle einzuräumen.

Die Keimflecke von Eiern eines siebzehn Tage alten Kätzchens welche ich auf Fig. 6—9 abgebildet habe, massen 0,003—0,005 Mm. Sie erscheinen entweder rund, oval oder unregelmässig begrenzt aus einer stark lichtbrechenden homogenen oder sehr feinkörnigen Substanz bestehend. Zuweilen sah man in denselben einen helleren oder dunkleren Fleck, Fig. 7 b. n.

Nach Zusatz von destillirtem Wasser verschwindet der Keimfleck ganz und gar.

In den Eiern eines fast reifen Schafembryo, welche schon eine Zona erkennen liessen, fand ich einen oder mehrere Keimflecke von annähernd rundlicher Form und etwas divergirender Grösse. Die Massverhältnisse dreier Eier, welche ich Fig. 13 abgebildet habe waren folgende: Ei a gross 0.120 Mm., Keimbläschen 0,037 Mm., kleinerer Keimfleck 0,005 Mm., grösserer 0,006 Mm. Ei b gross 0,088 Mm., Keimbläschen 0.034 Mm. lang 0,025 Mm. breit, Keimfleck 0,008 Mm. Ei c gross 0,088 Mm., Keimbläschen 0,039, kleinerer Keimfleck 0,005 Mm., die beiden andern 0,006 Mm.

Der grössere Keimfleck des ersten Eies zeigte in der Mitte eine hellere Stelle, der kleinere erschien fein granulirt. Der Keimfleck des zweiten Eies hatte unregelmässigere Contour und ein körniges Ansehen. Das dritte Ei besass drei Keimflecke, welche hellere und dunklere Pünktchen erkennen liessen.

Sehr schöne Bilder gewährte mir der Inhalt der Eiröhren einer breiten und flachen Libellenlarve, welche nicht näher bestimmt wurde.

Es beziehen sich auf dieselben Fig. 1—5. Diese Eier besassen constant zwei Keimflecke, einen grösseren und einen kleineren [1]. Ein Keimbläschen von 0,042 Mm. enthielt einen Keimfleck von 0,017 Mm. neben einem zweiten von 0,010 Mm. Ein Keimbläschen von 0,025 Mm. zeigte einen Keimfleck von 0,013 Mm. und einen von 0,006 Mm. Bei einem Keimbläschen von 0,020 mass der eine Keimfleck 0,010 Mm., der andere 0,005 Mm.

Der grössere Keimfleck erschien dunkler und glänzender. Seine Form war sehr verschieden: rund, oval oder unregelmässig. Seine Substanz war entweder homogen oder zeigte je nach der Einstellung des Mikroskopes hellere oder dunklere Flecken von sehr verschiedener Zahl und Grösse, von unmessbarer Kleinheit bis zu zwei Drittel des Keimfleckes. Zuweilen sah man um einzelne dieser Flecke noch einen ringförmigen Contour, Fig. 1 n.

An diesem Objecte glaube ich über die Natur jener Flecke vollständig ins Klare gekommen zu sein. Ich verweise auf Fig. 2. a, b, c sind ein und dasselbe Keimbläschen während einer halbstündlichen Beobachtung. Anfangs war der grosse Keimfleck unregelmässig geformt fast viereckig und zeigte in der Mitte eine hellere Stelle, etwa ein Drittel so gross wie der ganze Keimfleck und daneben ein zweites kleineres Fleckchen. Nach einer Viertelstunde hatte er seine Form geändert, der kleine Fleck war verschwunden, der grössere nach der Spitze zu gerückt (Fig. 2 b, n, r). Nach Verlauf einer halben Stunde war er kuglig geworden und jene helle Stelle verschwunden.

Daraus scheint mir evident hervorzugehen, dass jene helle Stellen, Flecken oder sogenannte Körner des Keimfleckes nichts Anderes als Vacuolen sind, welche natürlich das Licht anders brechen müssen, wie die Grundsubstanz.

Nach Zusatz von Essigsäure tritt in den meisten Keimflecken eine solche Höhlung auf (Fig. 4, o, n, r). Zuweilen bleibt in derselben ein Körnchen (h) liegen.

Bringt man einen Tropfen destillirtes Wasser zu dem Präparate, so quillt der Keimfleck auf, wird homogen, blass und verschwindet zuletzt. (Fig. 8, n).

---

1) Dasselbe fand R. Wagner beim Maikäfer, s. dessen Beiträge zur Geschichte der Zeugung und Entwickelung, Abhandl. der k. b. Akademie der Wissenschaften Bd. II. 1837, S. 559.

Durch Carminammoniak wird er rasch tingirt. die hellen Stellen, welche er enthält, nie.

Dieses Alles galt vom grösseren Keimflecke. Der kleinere behält mehr seine rundliche Form, er kann statt einer, auch mehrere Höhlungen zeigen (Fig. 4, b m). Nach Wasserzusatz verschwinden dieselben und wie der grössere Keimfleck so wird auch er nach einiger Zeit unsichtbar.

Mit grosser Klarheit lässt sich die Entstehung und Struktur des Keimfleckes bei den Isopoden verfolgen. Man kann hier den Keimfleck in allen möglichen Formen beobachten vom Körnerhaufen an bis zum massiven Klumpen, zuweilen stellt er einen nach einer Seite geöffneten Ring dar, oft auch eine ausgehöhlte Kugel.

Auf Fig. 12 und 14 habe ich Eier von Porcellio scaber abgebildet, von denen das eine einen unregelmässig geformten, das andere einen ovalen Keimfleck besitzt. Ich glaube nun, dass ich mich auf Grund meiner Wahrnehmungen dahin aussprechen darf, dass der Keimfleck aus einer mehr oder weniger feinkörnigen halbfesten Masse besteht, welche sich aus dem Inhalte des Keimbläschens in verschiedener Form niederschlägt und in Wasser wiederum löslich ist. Es kann dieselbe kleinere und grössere Hohlräume in sich ienschliessen.

Ein Bläschen ist der Keimfleck niemals. Dagegen spricht sein ganzes Ansehen seine oft unregelmässige von der Kugelform sehr abweichende Gestalt und die Art des Uebergehens aus der einen Form in die andere.

Wir wissen endlich, dass die Eier vieler Thiere statt eines einfachen Keimfleckes eine Anzahl kleiner Körner enthalten, wo bleibt da das Bläschen?

Diese meine Ansicht über die Struktur des Keimfleckes findet auch aus den Untersuchungen Anderer ihre volle Berechtigung.

Schon der Entdecker derselben nennt ihn nach seinen Beobachtungen bei den Insekten eine körnige, teigige Masse, welche sich in verschiedene Formen drücken lässt wie Brodteig, ist jedoch geneigt, derselben eine äussere membranartig geronnene Schicht zuzuschreiben [1]).

Leuckart sagt in seiner ausgezeichneten Arbeit über die

1) R. Wagner a. a. O. S. 559.

Zeugung (Wagners Handwörterbuch der Physiologie Band IV. S. 781) »der Keimfleck bildet eine zusammenhängende Masse von feinkörniger Beschaffenheit und opakem Aussehen, die unter dem Deckgläschen mancherlei Formen annimmt und ohne Umhüllungshaut ist. Nicht selten lassen sich im Inneren auch einzelne grössere Moleküle — mitunter nur ein einziges — ganz deutlich unterscheiden. In manchen Fällen nehmen diese Moleküle an Zahl und Selbständigkeit in einem solchen Grade zu, dass der ganze Keimfleck eine haufenförmige Aggregation von Körnern darstellt.«

Eine sehr treffende und mit meinen Beobachtungen vollständig übereinstimmende Beschreibung des Keimfleckes giebt Leydig (Histologie S. 551) in den Worten: »er repräsentirt sich bald als ein grosser solider Körper oder er hat eine oder mehre Cavitäten im Inneren, oder endlich er wird mehrfach, wobei wieder der Unterschied sich geltend machen kann, dass die einzelnen ihn zusammensetzenden Körper auf einem Haufen beisammen oder im Keimbläschen zerstreut liegen,« (bezieht sich auf die Wirbellosen). Der Keimfleck der Wirbelthiere bietet nach Leydig ein wasserklares, mitunter feinkörniges Aussehen dar oder er bricht das Licht wie ein Fetttropfen.

Pflüger endlich hat die Entstehung des Keimfleckes durch Niederschlag im Keimbläschen direct beobachtet[1]). Er sah, wie sich die Eizellen mit dem Keimbläschen durch Abschnürung theilten und in dem neugebildeten Keimbläschen ein neuer Keimfleck zum Vorschein kam. Diese Beobachtung halte ich für sehr merkwürdig und einzig in ihrer Art.

Was nun das sogenannte Korn des Keimfleckes betrifft, so bin ich weit entfernt die objective Beobachtung Schröns angreifen zu wollen. Auch will ich zugeben, dass zuweilen Körnchen in der Substanz des Keimfleckes vorkommen können, glaube aber wie schon gesagt annehmen zu dürfen, dass jene grössern scheinbaren Körner der Ausdruck einer oder mehrerer Vakuolen sind.

Für manche Wirbellosen lässt sich diess direct nachweisen für die Wirbelthiere, wo der Gegenstand an der Grenze des Wahrnehmbaren steht, aus der Analogie schliessen. Sehr spricht dafür der Umstand, dass, wie schon Schrön beobachtete, das vermeint-

1) Ueber die Eierstöcke der Säugethiere und des Menschen. 1863. S. 52 u. 109.

liche Korn bei der Carminimbibition nicht gefärbt wird. Es scheint mir diess leicht erklärlich: wo nichts ist kann auch nichts gefärbt werden.

Die Deutung der Eitheile.

Der Gründer der Zellenlehre hat bereits die Frage nach der morphologischen Bedeutung der Eitheile erörtert und sich dahin ausgesprochen, dass die Deutung des Keimbläschens als Kern der Eizelle kaum zweifelhaft sei [1].

Obwohl die Mehrzahl der Histologen jetzt die Schwann'sche Anschauung theilt [2], so hat sich doch in neuerer Zeit namentlich eine so gewichtige Stimme dagegen erhoben, dass eine erneute Prüfung des Gegenstandes gewiss nicht überflüssig erscheinen wird.

Sagt nicht Bischoff [3], dessen Name in den Annalen der Entwickelungsgeschichte mit ehernen Lettern verzeichnet steht, dass das Ei keine einfache Zelle sei, sondern ein ziemlich zusammengesetztes Zellenderivat. Das Keimbläschen ist nach ihm die einzige und zwar evident vollkommene Zelle, welche in der ganzen Bildungsgeschichte des Eies auftritt. Mehrere Gründe sind es, welche ihn zu jener Annahme bestimmen.

Es soll nach Bischoff nicht die Eizelle das erste von allen Eitheilen sichtbare Gebilde sein, sondern der Entwickelungsgang des Eies und aller einzelnen Eitheile ein ganz anderer und ein von jeder bekannten Bildungsweise einer Zelle verschiedener sein.

Diesem Satze glaube ich auf Grund vielfacher Beobachtungen hin widersprechen zu müssen. Die Eizelle ist das erste von allen Eitheilen sichtbare Gebilde, sie entsteht wie alle andern Zellen aus

1) **Schwann**, Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Struktur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen 1839. S. 46 u. f., S. 257.

2) Unter den neuesten Publicationen über diesen Gegenstand möchte ich besonders auf die Darstellung aufmerksam machen, welche von Hessling in seinen Grundzügen der Gewebelehre 1866 S. 36 vom Ei und dessen Entwickelung giebt.

3) **Bischoff** über die Bildung des Säugethier-Eies und seine Stellung in der Zellenlehre. Sitzungsberichte der königl. bayer. Akademie der Wissenschaften zu München 1863. Heft II. S. 261 u. f.

denen der Thierleib aufgebaut wird als Abkömmling der Embryonalzellen, durch Theilung entstanden, giebt sie in manchen Fällen wieder durch eigene Theilung andern das Dasein bis sie ein individualisirtes Leben beginnt. Ihr Zellstoff, welcher anfangs der Hülle entbehren kann, nimmt rasch an Masse zu, wird körniger und erhärtet früher oder später an der Oberfläche zu einer Membran — der Dotterhaut.

Es ist nicht meine Absicht, hier eine Entwickelungsgeschichte des Eies zu schreiben und will ich mich desshalb nur auf ein paar Beispiele beschränken.

Für die Oogenese der Säugethiere halte ich die Präparate Pflügers, welche er a. a. O. Taf. II. Fig. 1, 3. Taf. III. Fig. 1 abbildet für durchaus beweisend und seine Definition des Bildungsmodus der Eier für vollständig zutreffend (a. a. O. S. 54)[1].

Ihr stimmt auch Borsenkow bei, indem er sagt, von Anfang an ist das Ei eine Zelle, kein freier Kern. Die Vesicula germinativa ist der Kern dieser Zelle und seine Zellensubstanz ist der Dotter. Diese Zellensubstanz ist schon von dem Zeitpunkte an vorhanden, wo man das Ei als solches erkennen kann, obgleich in sehr geringer Quantität.

Sehr vollkommen lassen sich die ersten Stadien der Eibildung bei den Gliederthieren verfolgen. Bei jener Libellenlarve zum Beispiel, deren Eier an den beiden Keimflecken leicht erkennbar und nicht mit andern Zellen zu verwechseln sind, sieht man, wie ich auf Fig. 3 abgebildet habe, dass die jüngsten Eier bereits allen Anforderungen, welche man an eine Zelle stellen darf, entsprechen.

Ein zweiter Grund, welchen Bischoff zu seiner Behauptung veranlasst, ist der, dass das Keimbläschen alle Charaktere besitzen soll, welche man nur jemals von einer vollkommenen Zelle aufgestellt hat.

Meiner Meinung nach besitzt das Keimbläschen nur die Charaktere eines bläschenförmigen Kernes, es ist nur der Theil einer Zelle, zu ihm gehört noch der Zellstoff, Protoplasma oder der Dotter der Eizelle.

Dagegen sagt Bischoff, dieses Gebilde einen Kern zu nennen, erfordert nicht nur den Begriff und Sinn des Wortes Zelle morphologisch und physiologisch abzuändern, wie dieses vielfältig ge-

1) Würzburger naturwissenschaftliche Zeitschrift Bd. IV, 1863. S. 59.

schehen ist, sondern man muss dieselben geradezu umstossen. Ja man muss dieselben umstossen wie sie Bischoff auffasst. Denn er verlangt für eine Zelle die Gegenwart einer deutlich erkenn- und nachweisbaren häutigen von dem Kern durch einen mehr oder weniger grossen Zwischenraum getrennte Hülle.

Schon Leydig hatte wie bekannt den morphologischen Begriff der Zelle dahin modificirt, dass zu ihm nur eine mehr oder minder weiche Substanz gehöre, ursprünglich der Kugelgestalt sich nähernd, die einen centralen Körper, den Kern einschliesse [1]).

Hat nicht M. Schultze durch die gründlichsten Untersuchungen nachgewiesen, dass die Gegenwart einer solchen Hülle durchaus nicht erforderlich ist und gar manche Zellen derselben entbehren [2]).

Zu diesen kann auch die Eizelle gehören bis zu einem gewissen Stadium ihrer Entwickelung [3]).

Sehr schöne Bilder von jungen Eiern lieferten mir die Eierstöcke eines sechszehntägigen Kätzchens. Auf den ersten Blick liessen sich an demselben die von Pflüger entdeckten amöboiden Bewegungen erkennen. Es stimmen diese in auffallender Weise mit den von mir beschriebenen Bewegungserscheinungen der Hodenzellen überein.

An jeder Stelle ihrer Peripherie vermag die Eizelle Fortsätze auszutreiben, welche wieder zurückgezogen werden können. Fig. 6 und 8. Es lässt sich dieses Spiel lange Zeit verfolgen und endet damit, dass die Zelle glänzender und dunkler contourirt wird und nun die von mir bei den Hodenzellen erwähnten fadenförmigen mit einem Knöpfchen versehenen Fortsätze austreibt, welche eine langsam schwingende Bewegung zeigen Fig. 10.

Ich glaube nicht, dass diese Zellen ebenso wenig wie die Hodenzellen eine Membran besitzen und stehe darin mit Pflüger [4]) in

1) Leydig Lehrbuch der Histologie 1857. S. 9.

2) M. Schultze Ueber Muskelkörperchen und das was man eine Zelle zu nennen habe Archiv für Anatomie 1861, S. 1. Das Protoplasma der Rhizopoden und der Pflanzenzellen 1863.

3) Bischoff nennt solche Körper, welche aus einem Kerne und denselben einhüllenden Plasmaschichte bestehn „Protoplasten" im Gegensatze zu den mit einer Membran versehenen Zellen (a. a. O. S. 263, Sitzungsberichte der k. Akademie d. Wissenschaften 1863 II. S. 46. Ich halte es nicht für nützlich zwei Formen von Elementargebilden, welche unvermerkt in einander übergehen können, verschiedene Namen zu geben.

4) A. a. O. S. 53. Taf. III. Fig. 15 u. f.

Widerspruch. Aber er sagt, dass er sie hat darstellen können, jedoch meist nach Behandlung mit Oxalsäure. Ich bin weit entfernt, an dieser Thatsache zweifeln zu wollen, halte aber jene Membran für eine durch Fällung entstandene.

So wenig man bei den amöboiden Hoden- und Eizellen von einer äussern Hülle wahrnehmen kann, wenn man dieselben ohne oder in einem indifferenten Medium untersucht, so reicht doch schon ein Tropfen destillirten Wassers hin, die ganze Scene zu verändern.

Die Zelle wird grösser, kugelrund, ihre Peripherie erscheint dunkel contourirt, während das Protoplasma eine dünnflüssigere Beschaffenheit annimmt und die grösseren Körnchen in tanzende Bewegung gerathen Fig. 8.

Wir haben jetzt eine Zelle vor uns in der strengen Bedeutung des Wortes, entstanden durch Erhärtung der peripherischen Schicht ihres Zellstoffes.

Bei der längeren Berührung mit Wasser schwillt dieselbe so stark an, dass die Hülle platzt. Reste derselben habe ich, nachdem sie den Inhalt ausgestossen hatte, zuweilen noch auffinden können.

Man sieht also hieraus, dass sich Zellenmembranen machen lassen — ein Trost für diejenigen, welche solche für den Hausbedarf der Zelle nicht entbehren zu können glauben.

Dass die jüngsten Eier mancher Thiere (Nematoden z. B.) nur aus Kern und einer gewissen Summe von Zellstoff bestehen, halte ich für erwiesen, will jedoch durchaus nicht für diese Beobachtung den Werth eines Gesetzes beanspruchen, da mir bei andern Thieren (Insecten, Crustaceen) der Sachverhalt noch zweifelhaft erscheint. Niemals aber darf man sich durch die Abwesenheit der Membran verleiten lassen, den Dotter für etwas accessorisches zu halten und das Keimbläschen mit Inhalt zum Repräsentanten der Zelle, worauf es nicht das mindeste Anrecht besitzt, zu stempeln.

Die Dotterhaut hält Bischoff für ein »Ausscheidungsproduct einer Kern- oder Zellenschichte« und erklärt daraus ihre oft so auffallenden Dimensionen. Ich halte die Annahme solcher Ausscheidungen für wohl begründet, wenn auch nicht für unumgänglich nöthig, da ja auch an andern Orten sehr bedeutende Verdickungen der Zellmembranen ohne diese vorkommen, glaube aber, dass dieselben, wo sie nachzuweisen sind, nur Ablagerungen bilden auf der bereits erhärteten peripherischen Zellstoffschicht.

Demnach würde die primitive Dotterhaut ebenso entstehen, wie die Membran einer andern Zelle.

Bischoff sagt weiter, weil der Dotter kein einfacher Zelleninhalt ist, so ist es auch nicht zu verwundern, dass er sehr verschiedener und zusammengesetzter Art sein kann.

Der Dotter jüngerer Eizellen entspricht aber durchaus dem Protoplasma anderer Zellen. Wir finden in ihm denselben hyalinen, wie den körnigen Zellstoff, bei einzelnen Thieren mit derselben Contractilität begabt.

In späteren Stadien sehen wir allerdings fettartig glänzende oft lebhaft gefärbte Kügelchen (Nahrungsdotter) sowie krystallinische Bildungen (Dotterplättchen) im Dotter auftreten.

Der Zellinhalt anderen Zellen kann jedoch eben so gut verschiedene Bestandtheile beherbergen, wie farbloses und farbiges Fett, Pigment, harnsaure Salze, Krystalle mancherlei Art u. s. w.

Ich hoffe also nachgewiesen zu haben, dass das Ei bei seiner Geburt durchaus nicht das Gepräge seiner hohen Bestimmung trägt; dass es entsteht und wächst wie jede andere Zelle bis es durch die Befruchtung den Impuls zu Vorgängen erhält, welche bis heute nur zum kleinsten Theile aufgeklärt sind.

Erklärung der Abbildungen auf Taf. IV.

Fig. 1. Keimbläschen einer Libellenlarve, n grösserer Keimfleck mit mehrfachen kleinen Vacuolen, m kleinerer Keimfleck, p Dotterrest.

„ 2. a, b, c dasselbe Keimbläschen, d Vacuole im Keimfleck, ihre Stelle verändernd und verschwindend.

„ 3. Oberer Theil einer Eierstocksröhre der Libellenlarve, s sog. Verbindungsfaden, l granulirte, x glänzende Kerne der Eierstockshäute, e Eizelle, k Keimbläschen, r Keimfleck.

„ 4. Keimbläschen der Libellenlarve, n grösserer, m kleinerer Keimfleck, p Vacuole. Das Keimbläschen o mit Essigsäure behandelt, v grosse Vacuole, h Kern in der Mitte desselben.

„ 5. Drei Keimbläschen mit ihren Keimflecken m, n, nach Wasserzusatz.

„ 6. Doppelkerniges Katzenei in amöboider Bewegung, k Keimbläschen, n Keimfleck, p körniges Protoplasma, pf Protoplasmafortsatz.

„ 7. Drei Keimbläschen mit Keimfleck n aus dem Katzenei.

„ 8. Kleines Ei der Katze in amöboider Bewegung, k Kern, n Keimfleck, p contractiles Protoplasma.

„ 9. Ei der Katze mit drei Kernen, k Keimbläschen, n Keimfleck, p Zellstoff.

„ 10. Ei desselben Thieres, welches eigenthümliche schwingende Protoplasmafortsätze austreibt.

„ 11. Ei der Katze nach Wasserzusatz, k Kern, p Protoplasma mit Molekularbewegung der grösseren Körner, z Membran.

„ 12. Ei der rauhen Assel, k Keimbläschen, n Keimfleck, p Dotter.

„ 13. Ei eines Schafembryo, k Keimbläschen, n Keimfleck.

„ 14. Ei der rauhen Assel, k Keimbläschen, n Keimfleck, p Protoplasma.

Die Leptothrixschwärmer und ihr Verhältniss zu den Vibrionen.

Erläutert an der Entwickelungsgeschichte von Penicillium und Mucor.

Von

Ernst Hallier.

Hierzu Taf. V.

Es werden so oft und bis in die allerneueste Zeit herauf Vibrio lineola *Ehrenberg*, Bacterium termo *Duj.* und die Leptothrixschwärmer mit einander verwechselt, dass es wohl an der Zeit sein dürfte, einmal Ordnung in diesen Dingen zu schaffen und dazu bietet sich nun eine treffliche Gelegenheit in den folgenden Beiträgen zur Entwickelungsgeschichte von Penicillium crustaceum *Fries* und Mucor mucedo *L.*[1]).

Ich warf schon in meiner letzten Arbeit über diese beiden Pilze (Botanische Zeitung 1866 Nr. 2) die Frage auf, ob die s. g. Bakterien bei dem Milzbrand wirklich Bakterien seien und hatte die Freude, durch Herrn Direktor Professor Julius Kühn brieflich darauf hingewiesen zu werden, dass er selbst längst die Ansicht gehegt, die Bakterien des Blutes milzbrandiger Thiere seien Keime von Pilzsporen. In der Literatur der menschlichen Parasiten werden bis in

---

1) Der Pilz, den ich hier unter Mucor mucedo verstehe, ist identisch mit Mucor racemosus *Fresenius* (Beiträge zur Mykologie). H. Hoffmann beschreibt diesen Pilz in seinen Icones fungorum Heft IV genau und giebt auf Taf. 19, 20 gute Abbildungen davon. Nach diesen kann ich ihn nicht für eine besondere Art halten, da blosse Dimensionsunterschiede keinen spezifischen Werth haben.

die neueste Zeit herauf alle kleinen beweglichen Körper frischweg Vibrionen genannt und doch wird ihnen blosse Molekularbewegung zuerkannt; eine seltsame Begriffsverwirrung! Selbst Pasteur kennt den Unterschied zwischen Vibrionen und Leptothrix-Schwärmern nicht, wie ich weiter unten zeigen werde. Geradezu possirlich aber ist eine Arbeit, welche neuerdings J. Lüders[1]) diesem Gegenstand speziell gewidmet hat. Die Verfasserin geht so ohne alle Vorkenntnisse vom Leben der niederen Organismen und ohne Kenntnissnahme der Literatur zu Werke, dass ich diese Arbeit ganz unberücksichtigt lassen könnte, läge es mir nicht daran, zu zeigen, zu welcher seltsamen Verwirrung mykologische Arbeiten ohne Methode führen können. Zuerst erfahren wir schon durch die Ueberschrift, dass Bacterien und Vibrio als identisch vorausgesetzt werden, denn begründet wird diese Ansicht nirgends. Aber auch die Pilzschwärmer sind mit jenen identisch. Aus Bacterien entstehen, je nach der Substanz, Vibrionen, Hygrocrocisfäden, Zoogloea, Hefe, Leptothrix, Palmella u. s. w. Alle diese Dinge hat Verf. aus Arten der Gattungen Penicillium, Mucor und Botrytis gezogen, ohne anzugeben, wie sie sich gegen das Eindringen fremder Organismen zu schützen gesucht; ja sie kann nicht einmal die Arten angeben, die sie kultivirt hat, da sie dieselben nach ihren Beschreibungen nicht ermitteln konnte und sie in einander übergehend fand. Was können solche Kulturversuche nützen!

Die ganze Voraussetzung, dass die Vibrionen und Pilzschwärmer identisch seien, ist aber falsch, wie sich leicht nachweisen lässt. Die Vibrio lineola *Ehrenb.* hat nicht die geringste Gemeinschaft mit Leptothrix-Schwärmern und bei Reinkulturen gehen niemals Pilze oder gar Algen aus ihr hervor. Ich brachte z. B. am 2. Dezember 1865 von dem Mageninhalte einer an Uterinalkrebs verstorbenen Frau kleine Portionen, mit bestimmten Flüssigkeiten bedeckt, unter Wasserverschluss. Im Inhalt selbst fand ich nur wenige Bruchstücke von Leptothrixfäden, über deren Ursprung aus Schwärmern innerhalb der Sporen von Schimmelpilzen ich früher ausführlich Rechenschaft abgelegt habe,[2]) ferner liessen sich ganz

1) J. Lüders, Ueber Abstammung und Entwickelung des Bacterium Termo *Duj.*, Vibrio lineola *Ehrb.* Botanische Zeitung 1866 Nr. 5.

2) Botanische Zeitung 1865 Nr. 24, 30, 32, 33. Hätte J. L. diese Arbeiten gelesen, so hätte sie sich viele vergebliche Arbeit erspart.

vereinzelte Pilzsporen nachweisen. Von drei Kulturversuchen mit Glycerin, Syrupus simplex und milchsaurer Magnesia gab jeder ein ganz anderes Resultat. Auf der milchsauren Magnesia bildeten sich weder pflanzliche noch thierische Organismen, auf dem Glyzerin entstanden mehre Tage nur Vibrionen und auf dem Zuckersyrup nur Leptothrix-Bildungen und zuletzt Penicillium crustaceum *Fr.* In Masse gesehen, haben beide Bildungen eine gewisse Aehnlichkeit mit einander, aber einzeln in's Auge gefasst, sind sie sehr leicht zu unterscheiden. In grosser Menge bilden beide bisweilen, aber keineswegs immer, eine zarte Haut (Mycoderma), welche meist aus Keimen oder Schwärmern besteht, die zur Ruhe gekommen sind. Die Individuen der Vibrio lineola *Ehrb.* (Fig. 17) stellen Stäbchen von verschiedener Grösse dar, welche sich rasch vor und rückwärts bewegen. Niemals bewegen sich bei den wirklichen und reinen Leptothrix-Bildungen die Bruchstücke der Gliederfäden, welche mit den Vibriokörpern eine äussere Aehnlichkeit besitzen; es bewegen sich vielmehr nur die Schwärmer selbst, welche bei Penicillium noch bei 800 mal. Vergr. punktförmig, bei Mucor als kleine geschwänzte Kugeln erscheinen. Mit den Algenschwärmern, welche J. Lüders Fig. 2 abbildet, haben sie nicht die geringste Aehnlichkeit, viel weniger aber gehören die in Fig. 5 dargestellten Pilzfäden zu Leptothrix oder gar zu den Vibrionen. Was dort sehr unvollständig gezeichnet ist, sind lediglich in Flüssigkeiten entstandene vegetative Pilzfäden gewöhnlicher Art mit Vacuolen. Oft glaubt man bei ganz reinen Leptothrixbildungen bewegliche Stäbchen zu sehen; sieht man aber genau zu, so haben sie keine Eigenbewegung, sondern werden lediglich von den zwischen ihnen umherschwirrenden Schwärmern hin- und hergeschoben. Die Bewegung der Vibrionen ist aber überhaupt eine ganz andere als die der Schwärmer. Während jene in zierlichen Schlangenlinien ihren Körper vorwärts schieben (Fig. 17), haben diese eine bohrende Bewegung, ähnlich der eines Kreisels [1]). Die Vibrionen sind aber auch ungegliedert, abgesehen davon, dass oft mehrere Individuen an einander hängen, also eine Vermehrung durch Quertheilung stattfindet. Auch daran lassen sich die Vibrionen sehr leicht erkennen. Sie zeigen nämlich durch ihre entgegengesetzten Bewegungen, durch Winkelbildung am Vereinigungspunkt das Bestreben, sich von einander zu trennen. Bei solchen vollstän-

1) Man findet sie genau beschrieben: Botanische Zeitung 1865. Nr. 24, 32.

dig ausgewachsenen Individuen erblickt man meist an jedem Ende eine kleine Anschwellung (a Fig. 17).

Die Leptothrixbildungen haben nur bei einigen Schimmelformen in Masse eine gewisse Aehnlichkeit mit den Vibrionen; bei Mucorinien aber, die J. Lüders grade als Beispiel anführt, ist nicht die entfernteste Aehnlichkeit vorhanden.

Bei Penicillium crustaceum *Fr.* könnte man im Zweifel sein, ob sich der Leptothrixschwärmer bloss durch Theilung des Fadens vermehrt oder ob er innerhalb der Zellen entsteht, denn die Leptothrixfäden von Aspergillus und Penicillium sind so überaus dünn, dass man den Zelleninhalt nicht deutlich wahrnimmt. Ganz deutlich aber gewahrt man in den Fäden der Mucor-Leptothrix innerhalb jeder Zelle einen Schwärmer. Fig. 18 versinnlicht die Leptothrixbildungen des Mucor mucedo L., auf einer Kartoffel gezogen. Die Schwärmer sowohl wie die Fäden sind 2—3 Mal so breit wie bei Penicillium. Die Bewegung der Schwärmer ist genau die nämliche wie dort; sie zeigen hier sehr deutlich die Gestalt einer geschwänzten Kugel oder einer Rübe; ob aber das schwanzförmige Ende eine Wimper ist, durch welche die Bewegung vermittelt wird, lässt sich nicht sicher erkennen. Die zur Ruhe gekommenen Schwärmer schnüren nun Glieder ab und bilden sich dadurch zu Gliederfäden (Leptothrixfäden) aus (l, Fig. 13). Ist die Substanz in sehr heftiger Zersetzung durch Bildung von Milchsäure oder Fäulniss (nicht geistige Gährung) begriffen, so bilden die Schwärmer keine zusammenhängenden Glieder, sondern neue Schwärmer oder richtiger Glieder, die sich sehr rasch vom Muttergliede trennen und einen Schwärmer entlassen. Die Substanz ist dann sehr bald erfüllt mit Schwärmern und einzelnen so wie doppelten Gliedern. In diesem Fall bildete sich stets eine zarte, oft metallisch glänzende Haut an der Oberfläche. Natürlich ist oft diese Masse aus Vibrionen und Leptothrix gemischt; niemals aber ist das der Fall, wenn man sich gegen das Eindringen fremder Körper aus der angewendeten Substanz oder aus der äusseren Luft gesichert hat, wenn man z. B. die für die Aussaat bestimmte Substanz vorher tüchtig auskocht und die Glocke bis zur Ausbildung der Leptothrix (12—20 Stunden) nicht öffnet.

Dass weder aus Bacterien noch aus Leptothrixschwärmern eine Merismopoedia oder Tetraspora oder eine Monade hervorgehen kann, brauche ich wohl nicht erst zu versichern (vergl. den angef. Aufsatz p. 36 Fig. 2 a—g).

Es ist in neuerer Zeit oft, selbst von Zoologen, die Frage erörtert worden, ob Vibrio lineola *Ehrb.* und Bacterium termo *Duj.* wirklich verschiedene Arten oder nur verschiedene Zustände eines und desselben Organismus seien. Ich vermag diese Frage nicht direkt zu beantworten, sondern kann nur versichern, dass mir bei meinen zahlreichen Arbeiten über Pilze, die auf faulenden und gährenden Substanzen vegitiren, oft Vibrionen aber niemals Organismen vorgekommen sind, die ich als von diesen generisch verschieden und doch als selbstständige Organismen hätte ansehen müssen. Dass es übrigens mehrere Arten von Vibrionen giebt, ist leicht möglich. Dass Vibrionen oder Bacterien oft mit Pilzschwärmern verwechselt werden, dass man Leptothrixschwärmer oft mit dem Namen Bacterien belegt, ist gewiss.

Für die genauere Kenntniss dieser Gebilde ist nun sicherlich eine Methode erforderlich, sich ein reines und bestimmtes Material zu verschaffen; darum halte ich es für Pflicht, die folgende Entwickelungsgeschichte von Penicillium und Mucor in's Genauste mitzutheilen, damit Jeder, den diese Arbeiten interessiren, mich auf's strengste kontrolliren könne.

Für ganz besonders lehrreich, nicht nur in Bezug auf die so interessante Naturgeschichte, der Schimmelpilze, sondern eben so wohl für das Studium der Leptothrixbildungen zum Unterschied von den Bacterien halte ich die Vorgänge beim Sauerwerden und Verkäsen der Milch und die bei der Fäulniss von sehr stickstoffreichen Substanzen.

Am 11. Januar säete ich Penicillium crustaceum *Fr.* auf Milch, welche mehre Minuten stark gekocht hatte. Die Aussaat ward dann unter Verschluss gebracht und erst am 15. die Glocke geöffnet. Die Oberfläche war wellenförmig gehoben, an mehren Stellen um 4—8 Linien; sie erschien in Gestalt einer $^1/_2$ Linie dicken, fetten Haut von gelblichweisser Farbe. Unter ihr hatte sich ein mehre Linien hoher Hohlraum gebildet. Hie und da erschien die Haut durch kleine rostgelbe Flecken gesprenkelt.

Die darunterstehenden Molken, in welchen weissliche, koagulirte Klümpchen schwammen, wimmelten von sehr kleinen Leptothrixschwärmern und kurzen Gliederfäden. Pilzfäden befanden sich in den Molken nur wenige, dagegen traten sie in grosser Menge in jenen Rostflecken auf, welche Zeichen der beginnenden Käsebildung sind. Hier wie überall sind die Butterkügelchen dicht mit Lepto-

thrixkörnchen bedeckt. Natürlich schmeckte und reagirte die Flüssigkeit stark sauer.

Der übrige Theil jener gekochten Milch hatte in der Kochflasche, welche ich nur mit Seidenpapier zugebunden hatte, in dem auf 15—16 Grad R. geheizten Zimmer gestanden. In dieser Milch war keine Spur von Leptothrixbildungen oder Vibrionen nachweisbar; die Milch selbst schmeckte noch vollkommen süss und reagirte neutral; — mit einem Wort, es hatte hier abgesehen von der Ansammlung einer Butterschicht an der Oberfläche nicht die geringste Veränderung stattgefunden, ein Beweis, dass man gekochte Milch, sehr gut verkorkt, einige Tage selbst warm aufheben kann, ohne ein Sauerwerden fürchten zu müssen.

Bei jenem Kulturversuch zeigte sich aber schon jetzt, noch mehr an den folgenden Tagen, eine höchst interessante Veränderung der Leptothrixbildungen. Während nämlich in reinem Wasser und überhaupt in Flüssigkeiten, welche nicht der Fäulniss unterworfen sind, sich stets nur reine und unverästelte Leptothrixketten bilden, beginnen hier auf der Milch, aber überhaupt auf allen faulenden Substanzen, die Leptothrixhäute, ihre Individuen durch Anastomosen zu verbinden (Fig. 4). Am häufigsten tritt dieser Fall ein auf trocknen oder allmählig austrocknenden faulenden Substanzen, so z. B. auf Faeces. Lässt man menschliche Faeces sehr trocken werden, so bilden sich aus den stets massenhaft darin vorhandenen Leptothrixschwärmern, Kettengliedern und Bruchstücken derselben anastomosirende Individuen, welche einen äusserst zarten, weisslichen sammtartigen Filz an der Oberfläche darstellen. Untersucht man diesen, so findet man ihn zusammengesetzt aus unendlich feinen, vielfach anastomosirenden Gliederfäden, welche zuletzt an den Astenden zarte, bei Penicillium kugelrunde Sporen (Conidien) abschnüren. Diese Sporen bringen, angefeuchtet, den Pilz in normaler Form hervor (vergl. Fig. 4). Eine solche Bildung verursacht bisweilen eine Haarkrankheit, welche ziemlich selten zu sein scheint. Dieselbe scheint ihren Grund in Unreinlichkeit zu haben und kommt eben daher, weil der Leptothrixfilz längere Zeit zu seiner Entwickelung bedarf, wohl nur selten und vorzugsweise an solchen Orten vor, welche geeignet sind, Unreinigkeiten längere Zeit zu beherbergen.

So hatte Herr Professor Wilhelm Müller, als ich ihn vor zwei Jahren in Kiel besuchte, die Güte, mir Haare aus der Achselhöhle eines Mannes mitzutheilen, welche von rothbrauner Farbe

waren und so starke, unregelmässige Anschwellungen zeigten, dass dieselben schon dem blossen Auge deutlich sichtbar waren. Die mikroskopische Untersuchung zeigte, dass die Anschwellungen nicht, wie es den Anschein hatte, auf Rechnung des Haares selbst kamen, sondern hervorgerufen wurden durch Massen (vermuthlich durch Schweiss) zusammengeklebter Epidermoidalzellen, auf und zwischen welchen sich in erstaunlicher Menge jener feine Leptothrixfilz angesiedelt hatte. Die Zellen waren stellenweise mit den vom Filz abgeschnürten, sehr kleinen, kugeligen Sporen dicht bedeckt; diese fanden sich auch überall zwischen den Fibrillen des Haares, so dass es schien, als sei der Haarkanal selbst sporenerfüllt. Im Innern des Kanals konnte ich jedoch keine Sporen nachweisen. Ich kultivirte diesen Pilz, indem ich ihn, in Glycerin untergetaucht, in einem kleinen Gefäss unter Wasserabschluss brachte. Nach 8 Tagen fanden sich am Haar selbst Achorionbildungen [1]) und an der Oberfläche des Glycerins [2]) brachten die Keimlinge in Menge normale Pinsel des Penicillium crustaceum *Fr.* hervor.

Kehren wir zu der Kultur des Penicillium auf der Milch zurück.

Mit dem ersten Auftreten jener Leptothrixfilze, welche man an jedem Käse studiren kann, hat die Milch keinen ganz rein sauern Geschmack, sondern einen bitteren Beigeschmack, etwa dem des Ziegenkäses oder bitter gewordener Nüsse vergleichbar. Zu meinem Erstaunen bildete sich keine Gliederhefe aus, von der ich bisher mit Pasteur glaubte, dass ihre Entstehung durch die Bildung der Milchsäure bedingt sei. Wie ich später zeigen werde, hängt ihre Ausbildung aber lediglich mit dem Fäulnissprozess zusammen. Daher bildet im Sommer die Milch beim Sauerwerden sofort Gliederhefe [3]) aus, weil die Käsebildung rapider fortschreitet; im Winter dagegen findet ihre Ausbildung, wie mehrfache Versuchsreihen mich überzeugt haben, sehr langsam satt. In jenen rostfarbigen Flecken waren also die Sporen gekeimt und es bildete sich langsam ein ve-

---

1) Vergl meine Arbeit: Der Favuspilz und seine Verhältnisse zu Penicillium crustaceum *Fr.* Jenaische Zeitschrift Bd. II. Hft 2.

2) Das Glycerin war vor dem Versuch stark gekocht. Bei der Kultur entstanden auch Leptothrixhefe (Cryptococcus cerevisiae) und längliche Hefezellen, wie sie aus der Leptothrixfilz von Mucor mucedo entstehen. Etwas später trat auch die Torulaform des Penicillium (Hormiscium vini) hervor.

3) Ueber Bildung der Gliederhefe vergl. meine Arbeit: Botanische Zeitung 1865 Nr. 38. 39.

getativer Filz stark lichtbrechender Fäden, gewissermassen der erste Anfang der Gliederpflanze, die bei der sehr langsamen Käsebildung in den ersten Tagen durchaus nicht zur Vollendung kam; vielmehr sah ich am 17. Januar, also am 7. Tage nach der Aussaat, die kurzgliedrigen Zweigenden Pinselzweige[1]) ausbilden (Fig. 19—22). Diese Pinsel zeigten aber wesentliche Abweichungen vom normalen Bau. Zwar liess sich das Verzweigungsgesetz des Penicillus sehr deutlich erkennen, auch waren manche Kettenträger (sterigmata) ziemlich normal spindelförmig gestaltet und schnürten in diesem Fall einzelne Sporen ab. Die keilförmigen Pinselträger waren aber fast nie deutlich nachzuweisen und die Kettenträger[2]) selten in ihrer normalen Zahl (3) am Ende derselben eingefügt (Fig. 20—22). Gross war aber meine Ueberraschung, als ich zuerst an einzelnen Kettenträgern eine vollständige Umwandlung bemerkte. Sie schnürten in diesem Fall gar keine Sporen ab; sondern schwollen selbst zu verhältnissmässig sehr grossen Sporen an (Fig. 19 m, s, p), die ich wegen ihrer Grösse, worin sie den Conidien (Gemmen der Autoren) des Mucor mucedo L. gleichkommen, als Macrosporen bezeichne. Am 20. Jan. hatten diese Sporen ihre höchste Ausbildung erreicht. An den dunkelsten (am stärksten in Verkäsung begriffenen) Stellen auf der Milch hatten die Penicilliumpflanzen statt der Verzweigung des Pinsels eine regelmässig büschelige, dichotomische Verästelung begonnen (Fig. 14). Hie und da zeigten sich, seitlich oder endständig, die Macrosporen in grosser Menge (Fig. 14 m, s, p). Oft lagen sie so dicht gedrängt, theils am Faden sitzend, theils abgefallen, auf dem Pilzmycelium, dass sie eine förmliche Schicht bildeten. Stellenweise waren die Fäden länger und weitläufiger verzweigt (Fig. 15, 16). In diesem Fall trugen sie nur hie und da eine einzelne endständige Macrospore. Der Plasmainhalt war in diesem Fall in der Regel deutlicher als Inhaltskugel sichtbar, während sonst die Sporen meist sehr blass erscheinen. An den folgenden Tagen sah ich oft zwei oder gar drei Macrosporen hinter einander abgeschnürt. Seltener bildete sich aus dem Fadenende eine Kette kleinerer Sporen, welche in einer grossen Vacuole einen kleinen dunklen

1) Auf normalem, d. h. mässig feuchtem, weder stark gährendem noch stark faulendem vegetabilischen Boden erscheinen schon nach 36 Stunden die ersten Pinsel.

2) In einer unter der Presse befindlichen Schrift gebe ich eine genaue Darstellung der Entwickelung des Pinsels, an der es noch durchaus gefehlt hat.

Kern zeigten. Einzelne Macrosporen waren in Keimung begriffen (Fig. 11—13); sie trieben, scheinbar aus ganz beliebigen Stellen der Wand Aussackungen, welche sich meist sofort dichotomisch verästelten. Diese Verästelung war mir gleich anfangs sehr merkwürdig, weil sie für den ausgebildeten Mucor die gewöhnliche ist, während bei Penicillium in gewöhnlicher Form nur unregelmässig abwechselnde Verzweigung vorkommt. Ich bemerkte indessen schon jetzt, dass meine Macrosporen sich nicht auf ihnen zusagendem Boden befinden mussten, denn gar häufig fand ein Auswachsen oder Durchwachsen statt, bevor sie sich von der Mutterpflanze getrennt hatten (Fig. 24). Bald wurde dieses Durchwachsen sogar die Regel. Ich hatte früher einen ganz ähnlichen Vorgang bei den Sporen einer Peronospora bemerkt, welche auf einem abnormen Boden vegetirte. Wo die Macrosporen wirklich zur selbstständigen Keimung gelangten, da bildeten sie ein Promycelium, wie es der Mucorbildung vorhergeht (Fig. 8, 9), d. h. ein meist dichotomisch getheilter Faden, welcher endständig und interstitiell Conidien ausbildet (c Fig. 8, 9). Ich hatte wohl ein Recht, hier einen Zusammenhang mit Mucor zu vermuthen, da ich nachgewiesen hatte, dass aus der Gliederhefe des Penicillium nach vorhergehender Kopulation Mucor erzeugt werde [1]). Ich konnte nur nicht begreifen, dass die Macrosporen so selten zur normalen Keimung gelangten und der Nachweis, was aus den Tochterconidien für ein Product hervorgehe, wollte mir durchaus nicht gelingen. Sie zeigten ein körniges Plasma, welches sich durch Aether stark zusammenzog (o Fig. 9).

Die Macrosporen liessen, wenn sie keimten, stets ein gleiches Plasma erkennen; viele erschienen aber ganz leer. In einzelnen hatten sich ziemlich grosse Kerne ausgebildet (Fig. 1—3, 6), welche oft beim Zerreissen der Sporen herausfielen (Fig. 3). Waren die feinen Körner der Macrospore sehr deutlich, so erkannte man sehr gut an ihrer Rübengestalt und ihrer höchst lebhaften Bewegung innerhalb der Zelle, dass es Schwärmer seien (Fig. 7). Bisweilen glaubte ich sehr deutlich in der Wandung am oberen Ende eine Oeffnung zum Entlassen der Schwärmer zu sehen (Fig. 7, o), doch lässt sich sehr schwer entscheiden, ob in diesem Falle nicht eine durchwachsene Spore mit glatt abgebrochenem Ast vorlag. Dichotomische Keimschläuche wurden nicht selten auch von interstitiellen

1) Botanische Zeitschrift 1866 Nr. 2.

Macrosporen getrieben (Fig 6). Durch das mehrfache, wenn auch jedes Mal nur momentane, Entfernen der Glocke waren mittlerweile Vibrionen eingedrungen und vermehrten sich unglaublich rasch, so dass sie die Rolle der Schwärmer und Leptothrixfilze theilten.

Noch muss ich hier einer sehr eigenthümlichen Erscheinung gedenken, nämlich einer nicht gar selten vorkommenden Kopulation zwischen zwei langgestielten benachbarten Macrosporen. Sie legten sich mit ihren freien Enden fest ineinander und verbanden sich auf's innigste ohne Resorption der Querwand (Fig. 26). Waren sie schon im Stadium des Durchwachsens begriffen, so verbanden sich in derselben Weise die durchgewachsenen Fadenenden, welche in diesem Falle mit der ihnen angehörigen Spore kommunizirten [1]).

So stand die Sache noch am 20. Tage nach der Aussaat und ich musste voraussetzen, dass die Macrosporen zur Keimung eines andern Bodens bedürften. Für die Auswahl desselben gab mir der Umstand einen Wink, dass die Macrosporen nur an solchen Stellen reichlich ausgebildet wurden, wo die Käsebildung deutliche Fortschritte machte; ich vermuthete daher einen Zusammenhang mit dem Prozess der Fäulniss, wofür ich noch bemerken will, dass nicht nur hier auf der Milch, sondern auf vielen faulenden Substanzen sich sehr schöne, farblose oktaedrische Krystalle, einem der irregulären Systeme angehörend, zwischen den Fäden der Macrosporenpflanze bildeten (ein Ammoniaksalz?). Ferner war mir nicht entgangen, dass die durchgegangenen Aeste der Macrosporen, ja fast alle Aeste und Zweige ihrer Mutterpflanzen stark lichtbrechend waren und Gliederpflanzen darstellten, die an den feuchteren Stellen auch Glieder abschnürten und Gliederhefe bildeten, während sie an trockneren sowie an nicht faulenden Stellen normale Pinsel in die Luft erhoben.

Ich säete desshalb am 28. Januar Penicillium auf gekochte menschliche Faeces aus und warf gleichzeitig in die Milch eine geschälte und abgekochte Kartoffel. Zur Probe hatte ich auch eine kleine Menge der Macrosporenpflanze auf einem Objektträger unter Glycerin gebracht. Nach 48 Stunden hatten einzelne Macrosporen

---

1) Eine ganz ähnliche Kopulation beobachtete ich bei einer auf abnormem Boden vegetirenden Peronospora und hier wie dort konnte ich nicht wahrnehmen, dass ein besonderes Product aus der Vereinigung hervorging. Sie scheint vielmehr eine blosse Verstärkung zur Folge zu haben.

Schläuche getrieben mit endständigen und interstiellen Conidien (Macrosporen), welche sich von denen des Mucor nicht unterscheiden liessen und sich im Glycerin genau so verhielten wie diese. Die meisten Fäden entwickelten aber auf der dünnen Glycerinschicht normale Pinsel.

Die eingeführte Kartoffel begünstigte zunächst in profuser Weise die Ausbildung der Gliederpflanze (Fig. 50—52). Ich hatte ein Weniges von der Macrosporenmasse auf die Kartoffel gebracht und von diesen Stellen aus bildete sich in radialer Verbreitung ein dicker, weisser Filz, wie er so oft auf faulenden Substanzen entsteht. Wo die abgeschnürten Glieder (g Fig. 50) mässig feuchten Boden fanden, da keimten sie und erzeugten abermals Gliederpflanzen. An feuchteren Stellen wurden massenhaft Glieder abgeschnürt (Fig. 50), aber es bildete sich aus diesen Gliedern keine eigentliche Gliederhefe aus, wie es stets geschieht, wenn sie in sauerwerdende Milch[1]) gerathen, sondern ein ganz anderes Product.

Zuerst in der Milch, dann auch stellenweise auf der Kartoffel, schwollen die fast kugeligen Gliederzellen stark an, wurden blass, zeigten deutlich körnigen Inhalt und hatten zuletzt genau das Ansehen keimender Mucorconidien. Sie zeigten zuletzt stets einen deutlichen Kern (k Fig. 50) und meistens, gewöhnlich dem Kern entgegengesetzt, eine ziemlich grosse kreisrunde Vacuole (v Fig. 50). In einzelnen Fällen halbirten sie sich und zeigten doppelte Kerne (d Fig. 50); andere begannen jene wunderlichen Krümmungen, welche man so oft an keimenden Mucorconidien bemerkt (kr Fig. 50). Zur eigentlichen Keimung kam es aber nie. Die Sporen wurden, um so grösser, desto blasser; an manchen Orten sah man gar keine Sporen mehr, sondern ihre Membranen, leer und zusammengefallen, in grosser Menge umherliegen. Zwischen diesen Massen traten so ungeheure Mengen der von ihnen entlassenen Schwärmer auf, dass sie die Flüssigkeit verdunkelten und die Vibrionen gänzlich verdrängt wurden, die ich von nun an nur noch selten nachweisen konnte. In Glycerin gebracht, keimten die blassen Sporen ebensowenig, wie sich vorhersehen liess; aber es gingen hier aus den entlassenen Schwärmern zahlreiche Sporen von der Gestalt und Grösse der Pinselsporen hervor, die sich rasch (binnen 2 Tagen) kettenförmig vermehrten,

1) Die Milch war jetzt sehr stark verkäst und reagirte nur schwach sauer.

also eine neue Form der Acrosporenhefe darstellten. Auf Stärkekleister gingen die Zellen ebenfalls zu Grunde; es entstand aus ihrem Inhalt Leptothrix und Hefe. Dagegen brachten sie auf stark gekochten Faeces binnen 24 Stunden kräftige Pflanzen von Mucor mit Kapseln hervor.

Einzelne Gliederpflanzen trieben ungemein kräftige, dichotomisch verästelte Fäden (Fig. 51, 52), welche vom Ende gegen die Basis erst kleinrundliche, dann immer länger gestreckte Vacuolen ausbildeten (v Fig. 51, 52), bis zuletzt Vacuole und Zellenlumen Eines und Dasselbe waren (l Fig. 52). Mitunter bildeten sich auch, wie bei Mucor, zahlreiche kleine runde Vacuolen neben einander.

Auf den mit Penicillium besäeten Faeces bildeten sich binnen 2 Tagen sehr kräftige, glänzende, fast ungegliederte Fäden, welche auf der Oberfläche des Substrats kreisförmig sich verbreitende Häute bildeten, in welchen überall Leptothrixketten in grosser Menge vegetirten. Schon am 4. Tage (31. Januar) war die ganze Oberfläche des Substrats mit fruktifizirendem Mucor bedeckt. Ueberraschen konnte mich das nicht, denn ich hatte oft bemerkt, dass auf den menschlichen Faeces spontan fast immer Mucor, fast nie Penicillium entsteht, während man doch in der Mundhöhle, im Inhalt des Magens und der Därme, ja in den frischen Faeces selbst stets Penicilliumsporen und zerbrochene Leptothrixketten, aber sehr viel seltener Mucorsporen findet; auch war mir ja der Zusammenhang zwischen Mucor und Penicillium bekannt. Um aber vollkommen sicher zu gehen und den Umwandlungsprozess noch genauer zu verfolgen, säete ich auf's Neue Penicillium auf frische Faeces, welche über eine Viertelstunde mit etwas Wasser im Kochen erhalten waren und dann bis zur Abkühlung unter Wasserverschluss gestanden hatten. Der Erfolg war bei diesen und bei mehren seitdem eingeleiteten Versuchen genau der nämliche. Nur bei Anwendung sehr verdünnter Faeces bildeten sich auf der Oberfläche Pinselpflanzen aus, die jedes Mal da aus Mucor hervorgehen, wo derselbe in sehr dünnflüssigen Medien keimt, wie viel mehr also aus Penicillium [1]. Bis zum 3. oder 4. Tage bilden sich gemeiniglich nur Mucorpflanzen aus, die bei jeder neuen Generation kräftiger werden. Sie verändern offenbar ihren Boden sehr bedeutend, denn es entstehen auf der stark austrocknen-

1) Man kann ganz nach Belieben durch Auswahl und Verdünnungsgrad der Substanz aus Penicillium Mucor und aus Mucor Penicillium erzeugen.

den Fläche Massen von Krystallen und an den trockensten Stellen bildet sich aus noch keimenden Penicilliumsporen die Pinselpflanze aus.

Die Entstehung des Mucor ist sehr einfach. An den Enden der Zweige der Penicilliumkeimlinge und an kleinen Aehren derselben bilden sich Macrosporen, die jetzt seltener durchwachsen, aber in allen Fällen, mögen sie abfallen oder in Verbindung mit dem Mutterfaden bleiben, sich mit dichtem, körnigem, glänzendem Plasma füllen (Fig. 54 a—c).

Sie keimen und bilden die Conidienpflanze des Mucor, welche man bisher, abgesehen von einzelnen dürftigen Notizen über die Conidien (Gemmen), deren Bedeutung man gar nicht kannte, gänzlich übersehen hat. Ohne diese ist aber allem Anschein nach gar kein Mucor möglich, denn aus den Thecasporen geht direkt selten oder nie Mucor hervor. Mir war mittlerweile durch verschiedene Kulturversuche mit Mucor die ganze Keimungsgeschichte genau bekannt geworden und ich konnte sie daher hier um so leichter verfolgen. Ich fand sie Schritt für Schritt identisch mit der bei den Mucorculturen beobachteten, abgesehen von den Macrosporen. Diese haben aber gleichen physiologischen Werth wie die grossen Mucorconidien, d. h. sie bringen unmittelbar die Mucorpflanze mit Sporangien hervor. Ich nenne daher diese Macroconidien, wie jene Macrosporen. Die Keimung des Mucor besteht der Hauptsache nach in folgendem. In Glycerin keimen die Thecasporen nur da, wo sie in Menge beisammen liegen. Sie schwellen stark an (Fig. 27, 28), verlieren dabei ihren Glanz, erscheinen anfänglich mit doppelter Begrenzung und im Innern mit einigen Vacuolen (Fig. 28); nun wird der körnige Inhalt deutlicher und sie treiben einen Keimschlauch (Fig. 39, 40), während ihre Begrenzung wieder einfach erscheint. Die Keimlinge sind im Glycerin meist rein vegetativ, anfangs dichotomisch getheilt und ungegliedert, zuletzt unregelmässig verzweigt und immer häufiger septirt. Es wurden in Menge aus der Sporenmasse Pinsel hervorgetrieben, von denen ich jedoch nicht unbedingt behaupten konnte, dass sie von den Mucorkeimlingen herrührten. Im Glycerin selten, aber stets auf trocknen, kräftig nährenden Medien, erzeugen die Keimlinge der Thecasporen endständige und interstitielle Conidien (Gemmen auct., Macroconidien mihi). Diese (Fig. 41 m c) sind glänzend, mit feinkörnigem Plasma erfüllt. Diese Macroconidien sind sofort keimfähig. Sie schwellen an, treiben einen oder mehrere Schläuche (Fig. 29—33), welche die wunderlichsten Auftreibungen machen, die aber immer

auf dichotomische Verästelung hinauslaufen (Fig. 32, 33). Oft ist der Schlauch von vornherein höchst abenteuerlich gestaltet (Fig. 38, 42, 43, 48). Noch muss ich bemerken, dass die Fäden der Conidienpflanze erblassen und absterben, sobald die Conidien zur Ausbildung gekommen sind (Fig. 41). Die Keimlinge der Conidien bringen an den Enden der Aeste die bekannten Mucrokapseln hervor, welche bisweilen auch interstitiell entstehen, vermuthlich aus Macroconidien hervorgebildet. Dieser Fall steht keineswegs einzig und allein da; er kommt bei mehreren Schimmelpilzen vor. Die Macroconidien bringen aber auch Zweige mit ihres Gleichen (mc Fig. 44) und, wenn sie auf dünnflüssigen Boden gerathen, sogar rein vegetative Aeste hervor (v Fig. 44; vergl. auch Fig. 43, 46). Es entstehen um so mehr reine Kapselpflanzen, je stickstoffreicher der Boden und je stärker er in Zersetzung begriffen. Nicht selten sieht man ohne Weiteres aus der Macroconidie eine oder zwei Kapseln hervorgetrieben (Fig. 44, 45). Uebrigens haben die Kapseln genau die Beschaffenheit, welche Hoffmann in seinen Icones analyticae fungorum II, 4 beschreibt; sie besitzen eine doppelte Abgrenzung gegen den Stiel hin, oder, richtiger ausgedrückt, sie sind zweizellig; die untere Zelle wölbt sich meist als halbkugliger oder bei grossen Kapseln fingerhutförmiger Träger in die Kapsel hinein, seltener ist er ganz flach und bisweilen sieht man deutlich die untere Zelle von der oberen getrennt, ja noch einen Theil des Stiels bildend. Ueberhaupt ist der Name Sporenträger ganz unpassend, denn die Sporen entstehen (vergl. botan. Zeitung 1866, 2) ganz frei im Plasma und die Wölbung ist eben nichts weiter als die nach oben gewölbte Wand der unteren Zelle (Stielzelle). Da das Zurückklappen der Kapselwand (häufiger der Stielzelle) ganz unregelmässig auftritt, so ist zur Trennung dieser Form von Mucor allerdings kein Grund; Rhizopus dagegen ist, wie Hoffmann sehr richtig gegen Fresenius und Andere geltend macht, sehr wesentlich verschieden. Zu den von ihm ausgeführten Unterschieden kommt noch die der Keimung hinzu: die Thecasporen von Rhizopus verlassen vor der Keimung ihr Epispor, während Mucor gar kein besonderes Epispor besitzt, hie und da bildet die Mucorpflanze ein bis mehrzellige Sporidangien (nach Caspary so genannt), welche gewöhnlich in jedem Fach eine grosse Sporidie ausbilden (spd Fig. 49). Bei der Macrosporenpflanze des Penicillium kommt bisweilen ganz Aehnliches vor (Fig. 53). Leider konnte ich in beiden Fällen nicht die Keimung der Sporidien beobachten.

Sehr interessante Kopulationen der Macroconidien und Thecasporen begegnet man bisweilen (c Fig. 47), deren Resultat aber wie bei den Kopulationen der Macrosporen lediglich eine Verstärkung zu sein scheint. Zur Kontrolle nahm ich Aussaaten von Mucor auf diejenigen Substanzen vor, an welchen die Entwickelungsgeschichte des Penicillium-Mucor sich mir erschlossen hatte. Auf den Faeces trat wie sich denken lässt, binnen 48 Stunden sehr kräftiger Mucor hervor. Die Leptothrixschwärmer erzeugten eine grosszellige, glänzende Hefe, deren Zellen rundlich bis eiförmig gestaltet sind und im äusseren Ansehen an die Gliederhefe erinnern, von der sie sich durch die Entstehung so wesentlich unterscheiden (Fig. 56). Eine Hefe gleicher Gestalt, gleichen Ursprungs, aber blass und daher deutlich körnig entsteht aus Mucor auf Oelen (Fig. 55), was sehr merkwürdig ist, weil aus den Pinselsporen, wenigstens auf der Oberfläche des Oels, nur die sehr zierlichen Ketten der Acrosporenhefe ich ausbilden[1]: diese Ketten (Fig. 57) entstehen durch fortgesetzte Sprossungen der Pinselsporen und ihre Bildung im Innern des Oels ist nur dadurch verschieden, dass sich die länglichen, kleinen Tochtersporen, welche stets deutlich ein dunkles Centrum zeigen, sofort von der Mutterspore trennen.

Auf der Milch war das Resultat der Mucoraussaat ein fast negatives. Die Macroconidien gingen in der Milch sofort zu Grunde, indem sie ihre Schwärmer entliessen, die auf der Butter Leptothrixfilze, in den Molken körnige Leptothrix durch die angegebene Vermehrung der Schwärmer bildeten und dadurch ganz wie bei Penicillium die Käsebildung einleiteten. Die Thecasporen keimten zum Theil auf der Milch (weit seltener die Macroconidien), das Product ihrer Keimung waren dünne, sparrig verästelte Fäden mit einer einfachen Reihe glänzender Kerne.

Diese Fäden lösten sich zum grössten Theil in feine, weitläufig septirte Zweige auf; manche derselben aber bildeten gegen das Ende hin kurze Glieder (Fig. 37), welche glänzend, rundlich vierkantig und körnig erschienen, mit einem Wort den Gliedern, die

1) Diese Zersetzung des Oels durch Pilze ist höchst merkwürdig. Es findet dabei sehr starke Gasausscheidung statt. Die ausgeschiedene Luft bleibt im Oel suspendirt, welches daher sowohl auf dem Objectträger bei Kultur von Mucor als auch in einer Flasche, mit Pinselsporen besäet, emulsionsartig trübe und dicht mit kleinen Luftblasen erfüllt ist.

aus Penicillium hervorgehen, äusserst ähnlich, nur meist grösser waren. Seltener als diese Fäden fanden sich in den ersten Tagen ungegliederte dichotomische Fäden ein, welche an ihren Enden, obgleich diese in der Form an junge Kapseläste erinnerten, dicke Conidien abschnürten (Fig. 35, 36). Am Rand des Gefässes jedoch keimten einzelne Macroconidien ganz normal und hier bildete sich eine Mucorplantage, welche jedoch allmählich durch Penicillium verdrängt wurde.

Die so eben beschriebenen Gliederbildungen setzten sich nur am Rande fort; die Milch selbst zeigte noch am 8. Februar, vierzehn Tage nach der Aussaat, nur Leptothrixpilze und Schwärmer. Die ganze Entwickelungsgeschichte ist also in aller Kürze folgende:

1) Auf einem Boden, welcher reich ist an Kohlenhydraten, aber arm an Stickstoff, entwickelt sich aus den Pinselsporen bei mässiger Feuchtigkeit die Pinselpflanze.

2) Auf einem stickstoffreichen Boden entwickelt sich an denselben Sporen die Macrosporenpflanze, deren grosse Sporen Mucor erzeugen.

3) Auf mässig feuchtem stickstoffreichen Boden geht aus den Thecasporen des Mucor die Conidienpflanze des Mucor hervor, welche mit der Macrosprorenpflanze in sofern gleichwerthig ist, als aus Macrosporen und Macroconidien Mucor entsteht mit Kapseln und Conidien.

4) Auf stickstoffarmem mässig feuchtem Boden geht aus den Thecasporen eines der Gliederpflanze des Penicillium ähnliche Gliederpflanze (Oidium) mit Conidien (Microconidien) hervor, welche nicht ohne Weiteres Mucor erzeugen, allem Anschein nach aber Pinsel ausbilden können.

5) Auf demselben Boden erzeugen die Macroconidien des Mucor ganz normale Mucorpflanzen[1]).

6) Auf nassem, stark ammoniakalisch oder zugleich sauer gährendem Boden bilden die Pinselsporen Gliederpflanzen (Oidium), welche sofort in ihre Glieder zerfallen, aus denen nach vorhergehender Kopulation Mucor entstehen kann. Im Vergleich dieses Generationswechsels mit den bisher bekannten ergiebt sich also ein be-

1) Auf sehr stiskstoffarmem Boden wird aber stets binnen Kurzem der Mucor durch Penicillium verdrängt, wobei er sich anfänglich an die feuchtesten Stellen zurückzieht.

deutender Unterschied. Die beiden als Acrosporenpflanze und Thecasporenpflanze zu bezeichnenden Formen sind insofern vom Boden abhängig, als Penicillium bei starker ammoniakalischer Gährung sich zur Vorbildung (Macrosporenpflanze) des Mucor ausbildet, während die Thecasporen (mit weit geringerer Sicherheit nachgewiesen, weil sie schwer rein zu kultiviren sind) auf sehr stickstoffarmem Boden Penicillium hervorbringen.

Die beiden Gliederpflanzen von Penicillium und Mucor sind den beiden Vorbildungen (Promycelium) gleichbedeutend, d. h. sie sind Degenerationen derselben, auf sehr nassem Boden regelmässig entstehend. Sollen sie, aus Penicillium entstanden, Mucor erzeugen, so ist vorherige Kopulation mehrerer Keimlinge nothwendig.

Die einzige annähernde Analogie giebt die Entwickelungsgeschichte des Syzygites, wie sie uns durch Tulasne, Schacht und De Bary bekannt geworden. Hier bildet durch regelmässige Kopulationen der Syzygites eine Spore, welche Sporodinia erzeugt, deren Sporen wieder Syzygites hervorbringen. Es ist also der grosse Unterschied bemerklich, dass hier die Kopulation die Rolle übernimmt, welche bei Penicillium-Mucor der Boden spielt: daher dort mehr Unbestimmtheit, daher die zahlreichen Missbildungen, degenerirten Kapseln und Pinsel, auf welche ich früher mehrfach aufmerksam machte.

Sehr interessant war mir für den Vergleich mit nahestehenden Pilzen eine Abbildung und Notiz von Fresenius (Beitr. z. Mykologie), aus welchen hervorgeht, dass auch bei Aspergillus bisweilen die Sterigmata der Basidie keine akrogene Sporen ausbilden, sondern sich in grosse, sporenartige Blasen umwandeln. Ich bin zwar über die Entwickelungsgeschichte des Aspergillus ziemlich genau unterrichtet [1]), weiss aber trotzdem bis jetzt diese Degeneration nicht zu erklären. Vergleichen wir nun die Leptothrixbildungen mit dem, was sonst über die Physiologie der Hefebildung bekannt ist, so tritt uns überall die gerügte und so leicht vermeidliche Verwechselung jener Gebilde mit Vibrionen entgegen. Pasteur sagt zum Beispiel, es fänden bei der Fäulniss zwei Arten von Einwirkungen der Organismen statt: 1) würden die stickstoffreichen Substanzen durch Vibrionen in einfachere Verbindungen übergeführt, und 2) würden

1) Soweit dieselbe mir bekannt ist, theile ich sie demnächst in einer besondern Schrift mit.

diese durch Bacterien, Mucores u. s. w. zu Wasser, Kohlensäure und Ammoniak verbrannt. Ich brauche wohl nicht zu versichern, dass eine solche verschiedene Rollenvertheilung nicht stattfindet, sondern dass, die Richtigkeit der chemischen Voraussetzungen zugegeben, die erste Rolle der Zersetzung eben durchaus von den Leptothrixschwärmern, ihren Ketten und Filzen übernommen werden kann. Dass bei Nr. 2 die Schwärmer und Bacterien nicht unterschieden werden, ist wohl klar, denn von den erstgenannten weiss Pasteur nichts. Ich muss hier ausdrücklich hervorheben, dass die Fäulniss oft nur schliesslich durch Leptothrixbildungen eingeleitet wird. Auf stark gekochten Kartoffeln z. B. entstehen oft monatelang nur Leptothrixkörnchen, die mit den zerfallenden Zellen und Stärkekörnern der Kartoffel einen zähen, zuletzt schmierigen Brei bilden. So erhielt ich es zweimal bei etwas nassen Kartoffeln nach Aussaat von Penicillium.

Fasse ich endlich das Gesammtergebniss meiner Untersuchungen über Penicillium-Mucor kurz zusammen, so ergeben sich folgende Entwickelungsreihen:

1) Schimmelreihe:

a) Pinselschimmel (Penicillium),

b) Kopfschimmel (Mucor),

c) Gliederpflanze (Oidium);

a. auf mässig feuchten, festen Substanzen und auf der Oberfläche stickstofffreier Flüssigkeiten; b. auf festen, mässig feuchten Substanzen; c. auf breiartigen und flüssigen, stark faulenden Substanzen.

2) Achorionreihe [1]). Syn. Achorion Schoenleini.

Innerhalb flüssiger oder sehr saftreicher Substanzen verschiedener chemischer Zusammensetzung, Sporenketten abschnürend an unregelmässigen Zweigen (Oidium); sie geht aus keimenden Pinselsporen hervor.

3) Leptothrixreihe.

Syn. Leptothrix buccalis. Bacterium auctor. plurim.

a. Dünne Leptothrixketten. Entstehen aus den schwärmenden Plasmakernen des Penicillus, der Gliederconidien, der Macroconidien und vielleicht der meisten oder aller Fadenzellen auf flüssigen, gährungsfähigen Substanzen. Bei geistiger Gährung treten sie als reine Ketten, bei saurer Gährung als Leptothrixfilz, bei ammoniakalischer Gährung als schwärmende Zellchen auf.

---

1) Jenaische Zeitschrift II. 2.

b. Dicke Lepthothrixketten. Entstehen ebenso aus Mucortheca-sporen auf faulenden Substanzen. Der Pilz trägt Sporen wie ein Fusisporium.

4) Leptothrixhefe. Syn. Cryptococcus.

In gährenden Substanzen gebildet aus den zerfallenden Ketten und überhaupt aus den Schwärmern.

a. Penicilliumhefe.

Rundlich, schwach lichtbrechend, mit grossem Kern.

b. Mucorhefe.

Kugelig, stark lichtbrechend, feinkörnig. Hierher gehört auch die blasse Hefe, welche im Oel aus Mucor entsteht (Fig. 55).

5) Torulahefe. Syn. Hormiscium.

Entsteht durch Sprossbildungen der Pinselsporen in gährenden (alkoholischen) Flüssigkeiten.

6) Gliederhefe.

Geht hervor aus den abgeschnürten Conidien der Gliederpflanze von Penicillium oder Mucor bei saurer und zugleich ammoniakalischer Gährung. Die Zellen setzen einfach den Prozess, durch den sie an der Mutterpflanze entstanden, fort und können Kohlenhydrate in saure Gährung versetzen.

7) Acrosporenhefe. Syn. Trichophyton tonsurans.

Bildet sich durch kettenförmige Vermehrung der Pinselsporen auf Oelen. Im Innern des Oels trennen sich meist die Kettenglieder bald ab (Oelgährung).

Erklärung der Abbildungen.

Alle Fig. sind mit meinem Instrument von Zeiss, System F., Okular 2 gezeichnet.

Fig. 1—3. Macrosporen des Penicillium, auf Milch entstanden, mit grossen Inhaltskörnern.

„ 4. Leptothrixfilz auf derselben: kleine Sporen (Mikrosporen) abschnürend.

„ 5. Gliederhefe auf Milch.

„ 6—16. Macrosporen (m sp).

„ 6. Durchwachsen, mit seitlichen Zweigen.

„ 7. Mit schwirrenden Schwärmern.

Fig. 8—9. Mit Conidien.
„ 10. Abgefallene Spore.
„ 11—13. Keimende Macrosporen.
„ 14. Büschelige Verästelung mit 2 Macrosporen.
„ 15. 16. Einzelne endständige Macrosporen.
„ 17. Vibrio lineola auf dem Mageninhalt einer Frau.
„ 18. Leptothrixketten von Mucor mit einem Schwärmer in jedem Gliede.
„ 19—22. Pinseläste im Begriff unvollkommene Macrosporen zu bilden, hie und da mit einzelnen kleinen Pinselsporen (sp)
„ 23. Aeste mit kurzen Gliederzellen.
„ 24. Durchgewachsene Macrospore.
„ 25. 26. Kopulirte Macrosporen.
„ 27—33. Keimung des Mucor mucedo in Glycerin.
„ 27. 28. Thekasporen, vor der Keimung.
„ 29—33. Macroconidien in verschiedenen Stadien der Keimung.
„ 34. Mehrere verbundene Makrospsoren.
„ 35—37. Gliederpflanze des Mucor, entstanden durch Kultur desselben in Milch.
„ 38. Macroconidie keimend in Glycerin
„ 39. 40. Vegetative Fäden, entstanden durch Keimung der Thecasporen.
„ 41. Keimling der Thekasporen mit Macroconidien.
„ 42—49. Keimung der Macroconidien auf Glycerin.
„ 42. 43. 46. 48. Wulstige Auftreibungen und Bildung von Macroconidien.
„ 44. Keimling mit einer Kapsel (Theka, Sporangium) einem conidientragenden und einem vegetativen Keimschlauch.
„ 45. Keimling mit zwei Kapseln.
„ 47. Kopulationen der Keimlinge.
„ 49. Keimling mit mehrfächerigem Sporidangium.
„ 50. Gliederpflanze des Penicillium auf Milch und keimende Glieder k = Kern, v = Vacuole g = abgeschnürtes Glied, d = Scheidewand.
„ 51. 52. Keimlinge der Gliederpflanze, dichotomisch getheilt, mit grossen Vacuolen.
„ 53. Sporidangium zwischen den Macrosporen des Penicillium auf Milch.
„ 54. Keimfähige Macrosporen, entstanden aus Penicilliumsporen auf Faeces. a abgeschnürt, b durchwachsend, c zweizellig, mit leerer Basalzelle.
„ 55. Mucorhefe, entstanden aus Leptothrixschwärmern des Mucor auf Mandelöl.
„ 56. Mucorhefe in Glycerin.
„ 57. Acrosporenhefe, gezogen aus Penicillium auf Mandelöl.

Erfahrungen über das lösliche Berlinerblau als Injectionsfarbe.

Von

Ernst Brücke.

Das lösliche Berlinerblau hat sich in neuerer Zeit unter Anatomen und Physiologen einen ausgezeichneten Ruf erworben und es verdienet denselben nach meiner nunmehr bald achtjährigen Erfahrung vollkommen. Schroeder van der Kolk wird als derjenige genannt, der es zuerst gebraucht hat: ich habe seine Anwendung durch Ludwig kennen gelernt, der schon in Zürich damit injicirt hatte. So viele Vorschriften seitdem über die Bereitung publicirt sind, so finde ich doch diejenigen, welche zur Darstellung eines trockenen Products gegeben sind, theils unvollständig und deshalb unsicher, theils complicirter als es nothwendig ist. Ich bediene mich ausschliesslich desjenigen Berlinerblaus, dem Berzelius die Formel $[K_2+(FeCy_2)Cy_2]+[Fe_3+(2Fe_2Cy_3)Cy_3]$ gab.

Ich liess es zuerst im Jahre 1858 von Dr. Sczelkow, der damals in meinem Laboratorium arbeitete, nach einer Vorschrift darstellen, welche Dr. N. Gräger in Böttger's polytechnischem Notizenblatt (Jhrg. 1858 S. 184) gegeben hatte, und welches lehrt, eine 10procentige Blutlaugensalzlösung mit so viel einer verdünnten Lösung von Eisensesquichlorür zu fällen, dass darin nur halb so viel Chlor enthalten ist, als zur Zersetzung nöthig, und den auf dem Filtrum gesammelten Niederschlag abzuwaschen. Ich entsinne mich, dass schon damals das Verfahren modificirt wurde, und später habe ich, um sicher ein vollständig und leicht lösliches Product zu erhalten, einen viel grösseren Ueberschuss von Blutlaugensalz angewendet.

Ich goss unter stetem Umrühren von einer stark verdünnten Eisenchloridlösung nur so viel in eine concentrirte Lösung von Blutlaugensalz, dass das Gewicht des verwendeten Eisenchlorids $^1/_{10}$ bis $^1/_8$ des Gewichts des verwendeten Blutlaugensalzes betrug. Nachdem der Niederschlag sich abgesetzt hatte, wurde er auf einen Spitzbeutel gebracht und, was farbig durchlief, so lange wieder aufgeleert, bis eine klare gelbe Flüssigkeit abtropfte. Nachdem auf diese Weise der ganze Niederschlag gesammelt war, wurde er so lange mit wenig Wasser gewaschen, bis dasselbe anfing sich stark blau zu färben. Dann wurde kein neues mehr aufgegossen, man wartete ab bis alles abgetropft war und schlug dann den Spitzbeutel mit seinem Inhalte in Lagen von ordinärem Fliesspapier, damit dies weiter Flüssigkeit aufsauge. Nachdem man das Papier noch ein- oder zweimal gewechselt und die Masse hinreichende Consistenz erlangt hatte, wurde sie sammt dem Spitzbeutel in Fliesspapier gewickelt in eine starke Schraubenpresse gebracht, trocken abgepresst und hierauf in Stücke zerbrochen und an der Luft getrocknet. Einmal geschah es, wahrscheinlich durch mangelhaftes Umrühren beim Eingiessen des Eisenchlorids, dass ein Theil des Niederschlages unlöslich wurde; das übrige war aber darum nicht verloren. Nachdem die Masse auf den Spitzbeutel gebracht und gut abgetropft war, wurde sie in wenig Wasser wieder aufgelösst, vom unlöslichen Berlinerblau abfiltrirt und aus dem Filtrat das lösliche durch eine concentrirte Lösung von schwefelsaurem Natron ausgefällt. Der Niederschlag wurde auf den Spitzbeutel gebracht und verfahren wie früher. Das so erhaltene Product hatte ein noch besseres Aussehen wie das frühere, weil es weniger mit Blutlaugensalz verunreinigt war. Für die Praxis hat indess jene Verunreinigung, wenn sie einen gewissen Grad nicht überschreitet keinen Nachtheil.

In neuerer Zeit habe ich im kleinen ein Verfahren eingeschlagen, das sich durch grössere Wohlfeilheit empfiehlt. Ich bereitete eine Lösung von Blutlaugensalz, so dass 217 Grammen auf je ein Litre Flüssigkeit kamen, und eine Lösung von Eisenchlorid, indem ich ein Gewichtstheil von käuflichem festen Eisenchlorid in zehn Gewichtstheilen Wasser löste. Von beiden Lösungen nahm ich gleiche Volumina und fügte zu jedem von beiden das doppelte seines Volumens einer (kalten) concentrirten Lösung von schwefelsaurem Natron. Dann mischte ich die Flüssigkeiten indem ich die Eisen-

chloridlösung in das Blutlaugensalz unter stetem Umrühren hineingoss. Der Niederschlag wurde, da der Versuch nur mit geringen Mengen angestellt war, nicht auf dem Spitzbeutel sondern auf dem Filtrum gesammelt und ähnlich wie sonst behandelt. Das Product, welches ich erhielt, war leicht und vollkommen löslich und ein paar Injectionen, welche damit gemacht sind, sind gelungen wie die früheren.

Das lösliche Berlinerblau wird bei mir in der Regel nicht in kalter Masse angewendet, aber doch so, dass es für die Injection von Blutgefässen den wesentlichen Vortheil einer kalten Masse darbietet. Es wird nämlich der concentrirten Lösung des Farbstoffs nur so viel Leim zugesetzt, dass die Masse in der Kälte eben gelatinirt. Wenn man sie dann bis etwa 60° C. erwärmt und in eine erwärmte Spritze einfüllt, so braucht man das Object nicht vorzuwärmen. Auch Gallencanäle werden so ohne Weiteres an der frischen Leber injicirt. Für die Injection der Lymphgefässe hat bekanntlich Ludwig einen eigenen Apparat angegeben, indem das Object mit der Injectionsmasse auf gleicher Temperatur gehalten wird.

Unmittelbar nach der Injection wird das Object in Weingeist geworfen und bleibt darin bis zum andern Tage. Dann schneidet man die Stücke, welche zur Untersuchung dienen sollen, heraus und härtet sie in Alkohol von wenigstens 94 Volumprocent. Die gewonnenen Durchschnitte erscheinen oft fast farblos; wenn man sie aber dann mit Terpentinöl tränkt, so tritt durch Reoxydation des Farbstoffs die Injection schön und deutlich hervor. Das gewöhnliche Terpentinöl macht die Schnitte hart und brüchig, aber bald nachdem die Behandlung mit demselben bei uns eingeführt war, fand einer der Eleven, dass halb verharztes diesen Uebelstand nicht oder doch in ungleich geringerem Grade hat; so dass seit Jahren Terpentinöl in grossen Flaschen der Luft ausgesetzt bei uns vorräthig gehalten wird, damit wir niemals in die Nothwendigkeit versetzt werden, frisches anzuwenden. Die Präparate, welche zur Aufbewahrung bestimmt sind, werden, nachdem sie von Terpentinöl vollständig und gleichmässig durchdrungen sind und nachdem man das überflüssige mit etwas Fliesspapier aufgesaugt hat, je nach ihrer Dicke mit einem kleinen Rahmen aus Stanniol, Papier oder Glas umgeben, dann mit einem Tropfen Dammarfirniss und endlich mit einem Deckglase bedeckt. Das Einlegen des Rahmens ist bei den meisten meiner älteren Präparate versäumt, aber zu ihrem

Nachtheile. Anfangs merkt man solchen Präparaten zwar nichts besonderes an, aber nach Jahren wird die Firnissschicht immer dünner und endlich erleiden selbst die dünnsten eine Quetschung. Soll mit Carmin infiltrirt werden, so geschieht dies mit dem frisch gemachten Schnitte. Die Carminlösung muss aber concentrirter sein als man sie gewöhnlich anwendet, weil durch längeres Liegen in einer dünnen wässerigen Lösung die Injection leidet. Nach vollendeter Imbibition wird rasch mit Wasser abgewaschen, mit Weingeist entwässert, mit Terpentinöl getränkt u. s. w.

Objecte, welche um das Schrumpfen zu vermeiden nicht in Weingeist gelegt werden, kann man nach der Injection in eine wässerige Lösung werfen, nur muss dieselbe so viel von einem Salze oder einer Säure enthalten, dass das Berlinerblau nicht davon gelöst wird. Dr. Basch hat bei seinen Untersuchungen über das Zottenparenchym gefunden, dass solche Injectionen die Chromsäure recht gut vertragen und wenn man Chromsäure, chromsaures Kali und schwefelsaures Natron je nach den Umständen in verschiedenen Verhältnissen mischt, wird man kaum nöthig haben sich nach anderen Zusätzen umzusehen. Schwieriger ist es Schnitte von solchen Präparaten in wässerigen Lösungen als mikroskopische Objecte eingeschlossen dauernd aufzubewahren, wenn man sich zugleich die Aufgabe stellt ausser den Gefässen auch die übrigen histologischen Elemente in ihrer vollen Integrität und Deutlichkeit zu conserviren. Die älteren in dieser Hinsicht in meinem Laboratorium gemachten Versuche befriedigen mich nicht und die neueren sind noch nicht alt genug, dass ich von ihnen sagen könnte, sie hätten die Probe bestanden. Glycerin und glycerinhaltige Flüssigkeiten sind zu vermeiden, weil das Blau in ihnen verblasst. Man wird dem voraussichtlich entgegenwirken können durch einen Zusatz von Eisenchlorid zur Conservirungsflüssigkeit, der zugleich das lösliche Berlinerblau innerhalb der Gefässe in unlösliches umwandelt. Dann wird es aber nothwendig sein das zu verwendende Berlinerblau entweder gleich bei der Darstellung mit Glaubersalzlösung vollständig auszuwaschen oder noch einmal in Wasser aufzulösen und wieder zu fällen: denn dann darf die Injectionsmasse kein überschüssiges Blutlaugensalz enthalten, weil dieses sich in die Gewebe infiltriren und beim Hinzutritt des Eisenchlorids dieselben blau färben würde.

Durchschwitzen des Berlinerblau selbst habe ich nur an einem Objecte beobachtet und auch hier nur ausnahmsweise. Dies eine

Object sind die Darmzotten. Wahrscheinlich hing dies zusammen mit dem Grade von Alkalescenz der das Gewebe durchtränkenden Flüssigkeit. Ich habe in einigen Fällen vor der Injection Kochsalzlösung durch das Darmrohr hindurchlaufen lassen. Unter diesen war keiner, in dem Durchschwitzen eintrat.

Das lösliche Berlinerblau hat in meinem Laboratorium ein früher von mir angegebenes Injectionsverfahren fast vollständig verdrängt. Bei diesem wurde zuerst eine concentrirte Lösung von Blutlaugensalz so lange in die Arterien injicirt, bis sie aus den Venen nur noch mit wenig Blut gemischt wieder abfloss. Dann liess man aus der offenen Canüle und den offenen Venen abfliessen, was freiwillig abfloss, und injicirte eine concentrirte Lösung von reinem eisenfreien Kupfervitriol, bis sie ihrerseits aus den Venen abfloss. Nach vierundzwanzigstündigem Liegen konnten die Objecte behufs der weiteren Untersuchung zerschnitten werden. Die Präparate eignen sich wenig für Carminimbition, weil die Injection selbst röthlich ist, aber es kann doch einzelne Fälle geben, in denen man sich dieses Verfahrens mit Nutzen bedient, da die so behandelten Objecte gewisse Vorzüge haben. Sie verlangen bei einigermassen kühler Witterung durch längere Zeit gar keine Behandlung mit irgend einer Flüssigkeit, da die Injectionsflüssigkeiten selbst ein kräftiges Schutzmittel gegen die Fäulniss sind. Die erlangten Präparate ertragen den Aufenthalt in Wasser und in Glycerin besser als die mit löslichem Berlinerblau injicirten. Endlich ertragen die Objecte auch das Kochen in Wasser sehr gut, so dass man sie, wo man nicht ein anderes Verfahren vorzieht, durch Kochen und Trocknen für das Schneiden vorbereiten kann. Ein Nachtheil dagegen ist die leichte Zersetzbarkeit des Ferrocyankupfers in Berührung mit Eisen.

Wien am 28. Januar 1866.

Ueber das Verhalten der Blutkörper und einiger Farbstoffe im monochromatischen Lichte.

Von

W. Preyer.

Um schnell und bequem bei mikroskopischen Untersuchungen einfarbiges Licht anwenden zu können, verbinde ich das Mikroskop in der Weise mit einem Bunsen-Kirchhoffschen Spectralapparat, dass ich nach Entfernung des Fernrohroculars das Spectrum der Sonne oder einer Petroleumflamme auf den Spiegel des in gewöhnlicher Weise verticalstehenden Mikroskops fallen lasse. Es erscheint dann, je nachdem das Prisma und der Spiegel gedreht werden, bei passend gewählten Blendungen das Gesichtsfeld gleichförmig roth, orange, gelb, grün, blau oder violett gefärbt. Man muss nur sorgfältig jedes andere Licht mit schwarzen Schirmen und Sammttüchern ausschliessen, mikroskopirt daher am besten in einem ganz dunkeln Raum. Trotzdem aber erhält man begreiflicherweise kein homogenes Licht, weil sich einer jeden Farbe etwas nicht durch das Prisma vollständig zerlegtes Licht beimengt. Doch ist dieser Umstand für manche Zwecke, wie ich zeigen werde, vortheilhaft. Von den sieben Spectralfarben erscheint im Gesichtsfeld des Mikroskops das Gelb am hellsten und zwar so hell, dass man ohne Anstrengung dabei auch mit starken Vergrösserungen (z. B. dem Hartnackschen Immersionssystem 9 mit Ocular 4) arbeiten und die Molecularbewegung kleinster, eben noch sichtbarer Theilchen, leicht beobachten kann. Dann folgen dem Grade der Lichtstärke nach für mein Auge orange, roth, grün, violett, blau, indigo. Letzteres ist zu dunkel um Beobachtungen zu gestatten.

Illustrirt man nun ein frisches Menschen- oder Froschblut nacheinander mit den einzelnen prismatischen Farben, so beobachtet man folgendes:

Im rothen Licht erscheinen die sauerstoffhaltigen Blutkörper auch in den dichtesten Lagen intensiv roth, nur im äussersten Roth etwas dunkler, im Orange und dem weniger brechbaren Theil des Gelb gleichfalls roth; im stärker gebrochenen gelb dagegen dunkel, nur noch gerade röthlich. Sowie das Gesichtsfeld grün wird, verlieren die Blutkörper ihre rothe Farbe gänzlich, sie werden im weniger brechbaren Grün in dichteren Lagen ganz schwarz, im stärker gebrochenen tritt eine äusserst schwache Aufhellung, im Blau und Violett eine entschieden röthliche Färbung ein.

Es folgt hieraus, dass die rothen Blutkörper eine Substanz enthalten, welche die grünen Strahlen am stärksten absorbirt. Da das Spectrum des Hämoglobin (Hoppe-Seyler) gerade im Grün die stärkste Absorption zeigt, so war es einigermassen wahrscheinlich, dass jene Substanz das Hämoglobin sei. Reines krystallisirtes aus Hundeblut dargestelltes Hämoglobin zeigt in der That dasselbe Verhalten wie die Blutkörper im einfarbigen Lichte; nur kann man die im Grün eintretende Schwärze weniger leicht verfolgen, weil die Krystalle sich nicht so leicht übereinanderlegen wie die Blutkörper. Man sieht sie nur sehr dunkel werden und sie verlieren ihre rothe Farbe, die in keiner anderen Lichtart gänzlich zurücktritt.

Da es sich bei einem ganz frischen in Blutplasma suspendirten Blutkörper um keinen anderen Farbstoff als den des kreisenden Blutes handeln kann, dieser aber am Blutkörper haftend sich im Spectrum gerade so verhält, wie das nach der einen oder anderen Methode im Laboratorium dargestellte krystallisirte Oxyhämoglobin, so darf man, glaube ich, ohne Bedenken folgern, was übrigens schon durch andere Versuche dargethan wurde, dass das durch allerlei Mittel aus dem Blute dargestellte Hämoglobin identisch ist mit dem Farbstoff der circulirenden Blutkörper. Positiv bewiesen freilich ist diese Annahme abgesehen von jenen Versuchen erst dann, wenn man durch Messungen festgestellt haben wird, dass im continuirlichen Spectrum die Blutkörper genau überall da schwarz erscheinen, wo die Absorptions-Streifen und Linien des Hämoglobin liegen.

Es wäre dann eine Methode von beispielloser Empfindlichkeit zur Erkennung des Blutes gegeben, da man nur drei oder vier Blutkörperchen oder deren Farbstoff im Gesichtsfeld zu haben

braucht, um die Veränderungen eintreten zu sehen. Nur muss vorausgesetzt werden, dass es keine andere Substanz gibt, die sich genau wie der Blutfarbstoff verhielte.

Aber auch so gestattet das Verfahren ganz ausserordentlich geringe Mengen von Substanzen, die einander in der Farbe und im optischen Verhalten ähnlich sind in wenigen Minuten auf das Bestimmteste zu unterscheiden. Ich will von den Versuchen, die mir dieses beweisen, nur einige erwähnen. Sie wurden in der Weise angestellt, dass ich sehr kleine Mengen der verschiedensten Farbstoffe entweder in Krystallen oder amorphen Partikeln oder indem ich allerlei Gewebe damit imprägnirte, im monochromatischen Lichte durch das Mikroskop betrachtete. Es wurde dabei zunächst eine ganz bestimmte Stelle des Objects während des Wechselns der Farben im Gesichtsfeld natürlich bei unveränderter Lichtquelle (Spaltöffnung etc.) in's Auge gefasst, und beobachtet, in welchem Lichte sie ihre Farbe verlor, in welchem sie nur dunkler, in welchem sie schwarz wurde, in welchem endlich die Farbe am intensivsten erschien. Waren überall die Unterschiede nur sehr gering, so konnte das herrühren von zuviel oder zuwenig beigemengtem weissen Licht, oder daher dass die beobachtete Schicht zu dünn oder zu dick war. Diese Umstände aber beherrscht man und ist daher sehr bald im Stande für eine beliebig gewählte Schicht das Verlangte anzugeben. Nun wird aus dem mikrochromatischen Verhalten auf das Spectrum der farbigen Substanz im Untersuchungsobject geschlossen. Dasjenige Licht, in welchem die stärkste Verdunkelung statt fand, muss entweder im Spectrum ganz fehlen oder doch zum Theil absorbirt sein, es muss da das Absorptionsmaximum der betreffenden Substanz liegen. Dasjenige Licht, in dem die Farbe unter dem Mikroskop nur dunkeler wurde, kann im Spectrum weder ganz fehlen noch ganz frei von Absorptionsstreifen oder Absorptionslinien sein. Dasjenige endlich, in welchem gar keine Verdunkelung eintrat, darf im Spectrum keine oder nur sehr schwache Absorptionslinien enthalten. So wird nach jeder mikrochromatischen Beobachtung ein Spectrum construirt, welches, wenn richtig beobachtet wurde, mit dem direct zu ermittelnden Spectrum in den wesentlichen Puncten übereinstimmen muss. Bis jetzt ist mir in jedem einzelnen Versuch das Vorhergesagte in befriedigendster Weise eingetroffen. Ich wählte vorzugsweise Substanzen, deren Spectren noch ganz unbekannt oder mir unbekannt waren, um

Selbsttäuschungen zu vermeiden und bestimmte sie in gewöhnlicher Weise, indem ich eine Lösung des zu untersuchenden Stoffs in einem Hämatinometer in centimeterdicker Flüssigkeitsschicht zwischen den Spalt und die leuchtende Flamme brachte. Da aber die Temperatur, Dicke der Schicht u. a. gleichgesetzt, nicht nur die Intensität, sondern (was hier im Grunde freilich dasselbe bedeutet) auch die Zahl der Absorptionstreifen von der Concentration der Lösung abhängig ist, also nicht jede Concentration der mikroskopisch untersuchten Schicht der Substanz entsprechen kann, so wurden zuerst stets höchst concentrirte Lösungen angewandt, welche sehr dicken Schichten der beobachteten Objecte entsprechen, und dann so lange verdünnt bis ein Spectrum erschien, welches sowohl durch weiteres Verdünnen wie durch Concentriren der Lösung dem vorher construirten Spectrum unähnlich wurde. Offenbar nämlich entspricht der Dicke der mikroskopisch im einfarbigen Lichte untersuchten Substanz bei den Versuchen, wie ich sie anstellte, eine ganz bestimmte Concentration der Lösung. Statt die Concentration zu ändern, könnte man natürlich eben so gut bei gleicher Concentration die Dicke der Flüssigkeitsschicht ändern, was aber nicht so bequem ist. Da nun die mikrochromatisch beobachtete Schicht willkürlich gewählt war, die Concentration der Lösung aber zu der Dicke dieser Schicht eben in einer bestimmten Relation stehen muss, die unbekannt ist. (sie steigt im Allgemeinen, wenn jene zunimmt, und nimmt ab wenn diese abnimmt) so bleibt nichts übrig als Lösungen verschiedenster Concentration so lange auf ihr Spectrum hin zu untersuchen bis ein Spectrum erscheint, in dem die Absorptionen genau den vorher gemachten Angaben entsprechen. Tritt überhaupt ein solches Spectrum nicht auf, dann ist die ganze Methode falsch. Man erhält aber bei jedem Versuch ein solches Spectrum, also ist sie richtig, wie z. B. nebenstehende Zusammenstellung einiger meiner Versuche zeigt.

Roth I bedeutet das äusserste sichtbare Roth, Roth II das stärker gebrochene, Gelb I das Gelb zwischen Orange und der Linie D, Gelb II das Gelb zwischen D und Grün; Grün I das weniger, Grün II das stärker gebrochene Grün. Die Frauenhofersche Linie B liegt auf meiner Scale beim Theilstrich 2, D zwischen 33 und 34, B bei 53, F bei 71. Anilinroth zeigt einen schlecht begrenzten breiten Absorptionsstreifen zwischen 42 und 52 und Carmin zwei etwas verwaschene Streifen gleichfalls im Grün, einen schwächeren zwischen 38 und 42 und einen stärkeren zwischen 51

Die prismatischen Farben.	Oxyhämoglobin		Anilinroth		Carmin		Murexid		Kupferacetat		Anilingrün	
	Mikrosk. Verhalten	Absorption im Spectrum	Mikrosk. Verhalten	Absorption im Spectrum	Miksosk. Verhalten	Absorption im Spectrum	Mikrosk. Verhalten	Absorption im Spectrum	Mikrosk. Verhalten	Absorption im Spectrum	Mikrosk. Verhalten	Absorption im Spectrum
Roth I II	roth	keine	roth	keine	roth	keine	roth	keine	schwarz	vollst.	schwarz	keine starke
Orange	roth	keine	roth	keine	roth	keine	roth	keine	grün	keine	schwarz	vollst.
Gelb I II	roth dunkel	keine starke	roth dunkel	keine starke	roth dunkel	keine starke	roth dunkel	keine starke	grün	keine	dunkel	vollst.
Grün I II	schwarz dunkel	starke schwache	schwarz	vollst.	schwarz	vollst.	schwarz	vollst.	grün	keine	grün	keine
Blau	dunkel- röthlich	schwach	schwarz	vollst.	schwarz	vollst.	schwarz	vollst.	grün	sehr schwache	dunkel- grün	starke
Violett	dunkel- röthlich	schwach	schwarz	vollst.	schwarz	vollst.	dunkel- röthlich	keine od. sehr schwache	schwarz	vollst.	schwarz	vollst.

und 59; doch beide nur in verdünnten Lösungen; in concentrirten sind, wie die Tafel zeigt, die Spectra des Carmins und Anilinroths gleich. Dem entsprechend ergab auch die mikrochromatische Untersuchung dasselbe Resultat bei beiden. Ich hoffe indessen sehr bald durch eine Vervollkommnung des Apparats (mikrometrische Messung) auch Carmin und Anilinroth in dünnsten Schichten mikroskopisch im einfarbigen Lichte von einander unterscheiden zu können. Im Blau und Violett sind die Beobachtungen wegen der geringen Helligkeit nicht ganz leicht anzustellen: auch bei sehr schwacher Absorption oder wenn diese null ist, erscheinen gefärbte Gegenstände so dunkel, dass man oft nur mit Mühe ihre Farbe erkennt.

Im Ganzen aber ist, wie leicht zu sehen, die Uebereinstimmung eine sehr grosse. Dasjenige Licht, in welchem unter dem Mikroskop ein Farbstoff in einer gewissen Dicke schwarz erscheint ist im Spectrum des Stoffes bei einer gewissen Concentration vollständig absorbirt, dasjenige in welchem er bei derselben Dicke nur dunkler erscheint, ist bei derselben Concentration nur zum Theil absorbirt, und dasjenige Licht, in dem immer bei derselben Dicke die natürliche Farbe der Substanz ganz deutlich hervortritt, ist bei gleichbleibender Concentration der Lösung im Hämatinometer in meinem Spectralapparat frei von Absorptionsstreifen. Eine nennenswerthe Abweichung findet sich nur im Anilingrün. Auch die allerdünnsten Theilchen dieses Stoffs erscheinen mikroskopisch in allen Theilen des Roth schwarz, während seine Lösung nur einen Theil des Roth absorbirt, einen grossen Theil aber und zwar den weniger brechbaren durchlässt. Es ist mir jedoch auch nachträglich nicht gelungen im äussersten Roth das Anilingrün unter dem Mikroskop wieder grün werden zu sehen, vermuthlich wegen zu geringer Lichtstärke. Dass ferner im Gelb, welches vom Anilingrün gänzlich absorbirt wird, das Anilingrün nicht schwarz, sondern nur dunkeler erscheint, ist wol dem Umstande zuzuschreiben, dass das gelbe Licht am meisten durch weisses Licht verunreinigt wird, oder dem, dass beim Gelb wegen seiner Lichtstärke die Ausnutzung des weissen Lichts am vollständigsten ist. Aus dem optischen Verhalten des Anilingrüns wird es übrigens wahrscheinlich, dass die Substanz keine chemische Verbindung, sondern ein Gemenge sei.

Man kann aus den Versuchen folgenden allgemeinen Schluss ziehen: Aus dem Schwarzwerden selbst sehr kleiner gefärbter Partikel in dem einen oder anderen monochro-

matischen Lichte unter dem Mikroskope, kurz aus ihrem mikrochromatischen Verhalten lässt sich auf das Spectrum der in den Partikeln enthaltenen Substanz, foglich auf diese selbst schliessen. Es wird zwar vielleicht nicht in jedem einzelnen Falle möglich sein einen ganz bestimmten Körper auf diese Weise durch den blossen Anblick mit Sicherheit zu erkennen, doch aber kann man immer durch Exclusion die Zahl der in jedem Falle möglichen Stoffe sehr bedeutend herabdrücken. Aus dem Schwarzwerden eines farbigen Körpers im grünen Licht z. B., welcher in allen anderen Farben nicht schwarz wird, lässt sich mit Sicherheit auf einen Stoff schliessen, dessen Absorptionsmaximum im Grün liegt. Allerdings kann nur dann, wenn es sich bloss um einen Farbstoff handelt, aus dem Schwarzwerden im Grün auf die Abwesenheit eines das Grün nicht absorbirenden Farbstoffs geschlossen werden. Aber man ist in allen Fällen im Stande, wenn das Dunkelwerden z. B. im Grün nicht eintritt, mit Sicherheit die Abwesenheit aller das Grün absorbirenden Stoffe zu constatiren, und so bei jeder einzelnen Farbe.

Eine besondere Berücksichtigung verlangen die dichroitischen oder dichromatischen Substanzen wie z. B. das Hämoglobin.

Dichroitisch sind nach den neueren Anschauungen diejenigen Stoffe, welche zwei Absorptionsmaxima haben und bei denen die eine der absorbirten Lichtarten sehr viel stärker mit zunehmender Dicke der durchstrahlten Schicht absorbirt wird, als die andere. Nennen wir denjenigen ächten Bruch, welcher mit der auf einen Körper fallenden Lichtmenge einer bestimmten Brechbarkeit oder Wellenlänge multiplicirt die durch eine Schicht bestimmter Dicke (1) hindurchgehende Lichtmenge jener Brechbarkeit für den Körper angibt, und welcher von A. Wüllner der Schwächungscoefficient genannt wird, x, so nimmt bei einem Blutkörper, welcher im weissen Licht in dünnster Schicht (1) grünlich erscheint, während er in dickerer Schicht (n) röthlich ist, x für roth (x_r) sehr viel langsamer ab mit der Dicke der durchstrahlten Schicht, als x für Grün (x_g), es ist $x_r^n > x_g^n$. In der That wird x_g^n so schnell (bei so kleinem n) gegen x_r^n sehr klein, dass wir uns wundern müssen überhaupt sauerstoffarmes Blut (nur dieses ist dichroitisch) in dünnen Schichten grün zu sehen. Es erklärt sich jedoch daraus, dass wie Fraunhofer gezeigt hat, im weissen Licht die Intensität des Grün sehr viel

grösser ist als die des Roth. Bei einer sehr dünnen Schicht kann daher das Grün vorherrschen, wenn nicht die Differenz $(x_r^n - x_g^n)$ gerade so gross ist wie der Intensitätsunterschied des Roth und des Grün im weissen Lichte. Ist jene Differenz sehr viel kleiner als dieser Unterschied, dann muss Grün sehr bedeutend überwiegen, ist sie gleich diesem Unterschiede, so wird ein Gemisch von Roth und Grün gesehen werden, wird endlich die Differenz grösser als der Unterschied der Intensität des Roth und Grün im weissen Licht, so muss Roth prädominiren. Dieser letztere Fall tritt aber im weissen Licht erst ein, wenn die Dicke der Schicht (also n) beträchtlich wächst, dann wird x_g^n so klein gegen x_r^n, dass kein Grün mehr gesehen werden kann. Dem entsprechend zeigen höchst concentrirte Hämoglobinlösungen im Spectrum gar kein Grün, wohl aber Roth, verdünnte dagegen lassen bekanntlich einen Theil des Grün neben dem Roth wieder erscheinen.

Hieraus erklärt sich zur Genüge, warum man nicht im einfarbigen Lichte das Hämoglobin in dünnsten Schichten grün sieht. Es rührt offenbar daher, dass die Intensität des Grün geringer wird als die des Roth, während es im weissen Licht sich umgekehrt verhielt. Das Grün kann bei der geringen Menge des weissen Lichtes nicht einmal die dünnste Schicht durchdringen. Man sieht aber in den allerdünnsten Schichten das Hämoglobin dennoch grün in einer Farbe und zwar im Grün. Dieses erklärt sich durch die geringe Menge des im verunreinigenden weissen Lichte vorhandenen Roth, welches trotz der bedeutend grösseren Durchgangsfähigkeit, trotz des beträchtlichen Werthes von $(x_r^n - x_g^n)$, doch nicht ausreicht die fast unendlich viel grössere Menge des Grün am Durchgehen zu verhindern. Wird im Grün die durchstrahlte Schicht dicker, dann wird x_g^n gerade so schnell sehr klein wie im weissen Lichte und da kein Roth da ist, erscheint nun der Körper schliesslich schwarz. Im rothen Licht bleibt dagegen das Hämoglobin in dickern Schichten immer noch roth, weil x_r^n so sehr langsam, gerade wie im weissen Licht, abnimmt.

Eine dichroitische Substanz verhält sich demnach im einfarbigen Lichte wie zwei nicht dichroitische Körper, aber nur in den allerdünnsten Schichten. In dickeren Schichten verhält sie sich wie ein nicht dichroitischer Körper.

Also ist es möglich allerlei farbige Körper, sowohl dichroitische wie nicht dichroitische, in Mengen die so gering sind, dass sie

mikro-chemische Reactionen oft unmöglich machen, chemisch zu unterscheiden durch ihr Verhalten im Spectrum, auch dann wenn ihre Absorptionsminima und -Maxima ziemlich wenig von einander abweichen. Was aber physiologisch wichtig ist: man wird durch Untersuchung lebender Gewebe im Spectrum erkennen können, ob die aus ihnen dargestellten Verbindungen als solche in ihnen präexistiren oder nicht. So kann man auch durch blosse mikroskopische Betrachtung erkennen, ob ein einzelnes Blutkörperchen sauerstofffrei oder sauerstoffhaltig ist. Ja es wird möglich, wenn man ein mikroskopisches Object verschiedenen Einflüssen im einfarbigen Lichte aussetzt, sofort die chemischen Veränderungen, welche dadurch bewirkt werden, zu verfolgen in der Weise, dass man aus dem mikrochromatischen Verhalten vor, während und nach der Reaction, Erwärmung, Abkühlung, Trocknung u. s. w. das Spectrum dieser dann jener Substanz erschliesst. Indessen braucht man dazu feinere Apparate als ich zur Zeit besitze. Ueberhaupt ist die Methode nur eine vorläufige.

Es ist klar, dass, wie ich schon andeutete, bei dem hier beschriebenen Verfahren keine der prismatischen Farben absolut rein in das Gesichtsfeld gelangt, auch dann nicht wenn durchaus gar kein Licht neben dem Spalte auf den Spiegel fällt, was sich leicht erreichen lässt. Man kann das beweisen durch Anwendung einer Kochsalzflamme statt der Petroleumflamme oder des Sonnenlichts. Man hat dann sicher (im dunkeln Raume) nur homogenes gelbes Licht und in diesem erscheinen auch die das Gelb nicht absorbirenden Farbstoffe nicht farbig, sondern dunkel und in dicken Schichten schwarz. Es folgt hieraus, dass z. B. die rothe Farbe des Carmin, die grüne des Grünspans im Gelb der Petroleumflamme oder der Sonne nur herrührt von beigemengtem weissen Lichte. Im Grün dagegen kann die rothe Farbe des Carmin z. B. wegen der durch Absorption der im Uebermass vorhandenen grünen Strahlen bewirkten Dunkelheit nicht zur Geltung kommen, nicht gesehen werden. Lässt man im grünen Gesichtsfeld etwas weisses Licht auf das Object fallen, so tritt die rothe Farbe sofort auf dem grünen Grunde wieder hervor, ebenso beim Chlornatriumlicht auf dem gelben Grunde. Aber gerade durch die Mangelhaftigkeit der Isolation der einzelnen prismatischen Farben, da weisses Licht einer jeden beigemengt ist, haben wir ein Mittel schnell und leicht zu erkennen, in welcher die stärkste Absorption von Seiten des Untersuchungsobjects stattfindet.

Nur ist dabei zu beachten, dass bei jedem Versuche gleichviel weisses Licht beigemengt sei. Durch Erweitern oder gänzliches Entfernen des Spaltes vermehrt man natürlich das Quantum des verunreinigenden weissen Lichtes und erreicht so auf Kosten der Reinheit der Farbe eine grössere Helligkeit. Indessen ist, wie ich schon angab, die Lichtstärke der einzelnen Farben, namentlich bei schwachen Vergrösserungen ohnedies genügend, und die Interferenzringe, welche, wie ich zu erwähnen nicht unterlassen will, auftreten, weil die zur Beleuchtung verwendete Lichtquelle (nämlich das im Focus des Fernrohrobjectivs befindliche als Spectrum erscheinende reelle Bild des Spaltes) sehr klein ist, sind störend nur bei starken Vergrösserungen.

Da man schon bei dem unvollkommenen Verfahren manches deutlicher sieht, als im Tageslicht, so ist nicht zu bezweifeln, dass der Anwendung des einfarbigen Lichtes in der Mikroskopie schon allein auch wegen Wegfalls der chromatischen Aberration eine sehr bedeutende Zukunft bevorsteht. Der schwierigste Theil der Aufgabe, die vollkommene Isolirung der Spectralfarben, ist bekanntlich schon seit Jahren gelöst und zwar durch Helmholtz.

Bonn am 16. Februar 1866.

Untersuchungen über den Bau und die Naturgeschichte der Bärthierchen.

(Arctiscoida *C. A. S. Schultze.*)

Von

Dr. Richard Greeff,

Privatdocenten in Bonn.

Hierzu Taf. VI. und VII.

I. Die Macrobioten.

Die nachfolgenden Beobachtungen sind zum Theil schon in früherer Zeit gemacht worden gelegentlich der Untersuchungen über das Nervensystem der Bärthierchen, deren Resultate im 1. Bande dieses Archivs [1]) einen Platz gefunden haben. Ich habe mich seitdem zeitweise wieder und immer mit besonderer Vorliebe mit dieser kleinen aber anziehenden Thiergruppe beschäftigt und will nun zunächst über die Thiere der einen aber bei weitem verbreitetsten Gattung, nämlich die Macrobioten, einige Beobachtungen mittheilen in der Hoffnung, später über die Echinisci und die übrigen Gattungen Mittheilungen folgen lassen zu können.

Die Gattung Macrobiotus ist als solche zuerst von C. A. S Schultze [2]) im Jahre 1834 gegründet worden. Er widmete dieselbe in einer besonderen Gratulationsschrift dem berühmten und vielver-

1) Bd. I. S. 101 Taf. 4.

2) Macrobiotus Hufelandii, animal e crustaceorum classe etc., C. G. Hufelandio dedic. et descript. a C. A. S. Schultze. Berolini 1834.

dienten Arzte Hufeland bei Gelegenheit des 50jährigen Doctorjubiläums des letzteren und nannte die beschriebene Art: Macrobiotus Hufelandii. Selten ist wohl ein Namen glücklicher gewählt worden, da derselbe nicht allein den Namen des gefeierten Arztes und das Andenken an dessen ausgezeichnetes schriftstellerisches Werk »über die Macrobiotik« ehrt, sondern auch zugleicherzeit eine durchaus charakteristische Lebenseigenschaft des betreffenden Thierchens in seinen Rahmen fasst, nämlich die Fähigkeit nach langem Scheintode resp. nach mehr oder minder vollständiger Eintrocknung unter günstigen Umständen wieder aufzuleben.

C. A. S. Schultze ist indessen nicht der erste Beobachter unserer Thierchen und will ich im Folgenden versuchen eine kurze historische Uebersicht über die Entwicklung der Macrobioten-Kenntniss und der der Bärthierchen überhaupt zu geben, indem ich zu gleicher Zeit die früheren Beobachtungen, besonders die beobachteten einzelnen Arten, mit den uns heute bekannten vergleiche und hiernach zu deuten suche.

Schon im Jahre 1773 giebt der treffliche Naturforscher und Pastor Götze[1]) eine Beschreibung und Abbildung eines offenbar zu den Macrobioten gehörigen Thieres, das er seiner eigenthümlichen in der That bärenähnlichen Gestalt und Bewegungen halber und weil er es im stehenden Wasser fand, den kleinen »Wasserbär« und später »Bärthierchen« nannte.

Im Jahre 1781 beschreibt Eichhorn[2]) ein dem Anscheine nach verschiedenes, aber aller Wahrscheinlichkeit nach dasselbe Thier, dem er auch nach dem Vorgange von Goetze den Namen »Wasserbär« beilegt. Die Verschiedenheit des Thierchens von Goetze und Eichhorn beruht aber, wie mir scheint, auf einem freilich schweren Beobachtungsfehler des Letzteren, indem er seinen »Wasserbär« statt mit 8 mit 10 Füssen abbildet, da es doch viel leichter ge-

1) Abhandlungen aus der Insectologie. Halle 1773. S. 367. Taf. 4. Fig. 7. — ferner später im Iahre 1784: „Naturforscher“ VII. 20. Stück, S. 114 und 1785: Archiv der Insektengeschichte von Fuessly. 6. Heft. S. 29.

2) Beiträge zur Naturgeschichte der kleinsten Wasserthiere Berlin 1781. S. 74, Taf. 7. Fig. E. Eichhorn giebt bei dieser Gelegenheit an schon vor Goetze, nämlich schon seit dem Jahre 1767 den „Wasserbären“ gesehen zu haben, was natürlich kein Prioritäts-Recht begründen kann, da die Veröffentlichung erst 1781 erfolgt ist.

schehen kann, dass man ein Paar der kleinen meistens unter die Bauchfläche zurückgezogenen Füsschen übersieht. Doyère[1]) sucht diese Angabe Eichhorns, die von allen spätern Beobachtern als fehlerhaft beurtheilt worden ist, dadurch wieder herzustellen, dass er in scharfsinniger Weise ausführt: Eichhorn habe möglicherweise eine andere wirklich mit 10 Beinen ausgerüstete Art beobachtet. Doyère hatte indessen, wie aus seiner Arbeit hervorgeht, die Macrobioten des Wassers selbst nicht auffinden können, sonst würde es ihm ohne Zweifel schwer geworden sein, den 10 beinigen Wasserbären Eichhorn's aufrecht zu erhalten. Ich für meinen Theil habe die Ueberzeugung gewonnen, dass der von Eichhorn gesehene Wasserbär ebensowohl ein 8beiniger war, wie dieses schon von Goetze richtig beschrieben und abgebildet worden, und dass die Thiere der beiden Autoren wahrscheinlich ein und derselben Species angehören, was in späteren Bemerkungen noch nähere Begründung finden wird.

Der dritte Beobachter wiederum desselben Macrobioten ist der ausgezeichnete dänische Naturforscher O. F. Müller[2]) der im Jahre 1785 eine treffliche Beschreibung mit Abbildungen darüber veröffentlicht, und ihn auch selbst für identisch mit dem »Wasserbär« von Goetze erklärt, dessen Angaben er im Ganzen bestätigt. Wir verdanken ihm ausserdem einige sehr werthvolle Detailbeobachtungen über unser Thierchen, worunter die allerdings schon von Goetze beobachtete aber noch nicht richtig aufgefasste interessante Thatsache, dass dasselbe seine Eier in die abgestreifte äussere Haut legt. Er acceptirt den von Goetze gegebenen Namen »Bärthierchen« mit der Bemerkung, dass die »Aehnlichkeit dieses Thierchens im Kleinen mit dem Bären im Grossen so auffallend sei, dass alle, die es sähen, kaum eine andere Benennung wählen würden.« Im System glaubt er es zu den Milben stellen zu müssen unter dem Namen Acarus Ursellus, »corpore rugoso, pedibus conicis.«

Es ist also, wie man sich leicht überzeugt, ohne Zweifel ein im Wasser lebender Macrobiotus, den sowohl Götze und Eichhorn wie O. F. Müller beobachtet haben, und der nach den übereinstimmenden Angaben drei Krallen an jedem Fusse haben soll. Müller

1) Mémoire sur les Tardigrades, Annales des sciences natur. 1840, II. Serie, Tome 14. S. 290 u. 91.

2) Archiv der Insectengeschichte, herausgegeben von Joh. Casp. Füessly. Zürich 1785. 6. Heft. S. 25. Taf. 36.

erklärt die Thiere von allen dreien für ein und dieselbe Art, was auch in der That meiner Meinung nach mit der grössten Wahrscheinlichkeit angenommen werden kann. Es sind bisher zwei Macrobioten aus dem süssen Wasser beschrieben und benannt worden nämlich Macrobiotus lacustris *Dujardin.* (Macr. Dujardin *Doy.*) u. Macr. macronyx *Duj.* und fragt es sich also, welcher von diesen beiden den kleinen Wasserbär von Götze, Eichhorn und Müller repräsentire. Ich stehe nicht an denselben, gestützt auf zahlreiche und an verschiedenen Orten angestellte Untersuchungen, mit dem erst im Jahre 1851 von Dujardin [1]) näher und als neu beschriebenen Macrobiotus macronyx für identisch zu halten, schon aus dem Grunde weil ich den ebenfalls von Dujardin beschriebenen Macr. lacustris nicht als eine eigne Species sondern nur als jüngere oder kleinere Individuen von Macr. macronyx ansehen kann, worauf wir unten bei Erwähnung der Arbeiten Dujardin's noch zurückkommen werden.

Vorher müssen wir indessen, um der geschichtlichen Folge treu zu bleiben, wieder einige Schritte zurückgehen und noch nachholen, dass schon vor Eichhorn und Müller und kurz nach Goetze zwei andere Naturforscher über Bärthierchen berichtet haben, nämlich Corti [2]) im Jahre 1774 und zu derselben Zeit oder bald darauf Spallanzani. [3]) Beide fanden ihre Thiere nicht wie die drei vorher Genannten im Wasser sondern in der Erde und zwar im Sande der Dächer etc. und beide machten auch schon Beobachtungen über das Wiederaufwachen derselben nach langem durch Eintrocknung herbeigeführtem Scheintode. Besonders ist es Spallanzani, der sich in ausgedehnter Weise mit Untersuchungen über diese vielen niederen Thieren (Bärthierchen, Anguillulen, Räderthierchen etc.) innewohnende Eigenschaft beschäftigte. [4]) Er nannte das von ihm gefundene Thierchen, da er, wie es scheint, die Beschreibuug von Götze nicht kannte,

---

1) Annales des sc. nat. III. Serie. Tome 15. pag. 162. Pl. III. Fig. 7 u. 8.

2) Opere microscopiche.

3) Opuscules de Physique animale et végétale, traduits par J. Senebier. Genève 1777. Tome II. pag. 346. Taf. IV, Fig. 7 u. 8 u. Taf. V Fig. 9. Da diese Uebersetzung vom Jahre 1777 ist, so ist wohl anzunehmen, dass das italienische Original schon einige Jahre früher erschienen war.

4) Spallanzani in O c. pag. 299 bis 381: Observationes et expériences sur quelques animaux surprenants que l'Observateur peut à son gré faire passer de la mort à la vie.

»le Tardigrade.« Ich gaube mit Bestimmtheit aussprechen zu können dass Spallanzani in seinem »Tardigraden« einen Macrobioten vor sich gehabt habe und nicht eine andere Gattung wie Doyère [1]) behauptet, der den »Tardigraden« mit seinem Milnesium tardigradem zusammenstellt. Spallanzani sagt, was Doyère entgangen zu sein scheint, S. 330 des oben citirten Werkes: »Il (le Tardigrade) laisse seulement transpirer au milieu du corps une petite tache elliptique, que je soupçonnerai le reservoir des aliments« etc. Offenbar hat Spallanzani hier den elliptischen Kauapparat der Macrobioten gesehen, der bei Milnesium ganz anders gestaltet ist.

Die Abbildungen sind allerdings, wie schon C. A. S. Schultze [2]) u. A. hervorgehoben haben, sehr dürftig, und auch aus den übrigen Angaben [3]) lässt sich schwer eine besondere Species construiren, indessen bin auch ich mit C. A. S. Schultze geneigt anzunehmen, dass es wahrscheinlich der im Sande der Dächer etc. häufig vorkommende Macrob. Hufelandii war, den Spallanzani beobachtete.

Erst im Jahre 1804 finden wir dann wieder eine Beobachtung über die Bärthierchen von Franz von Paula Schrank [4]). Ich habe schon bei früherer Gelegenheit [5]) meine Zweifel über die Stellung des von Schrank beschriebenen Thierchens im System ausgesprochen und kann dieselben hier im Wesentlichen nur wiederholen. Es wird mir schwer zu glauben, dass Arctiscon tardigradum von Schrank, wie dieses von C. A. S. Schultze [6]) mit Bestimmtheit ausgesprochen wird, mit Milnesium tardigradum von Doyère (Arctiscon Milnei Schultze) identisch sei. Das letztere Thierchen wohnt ausschliesslich im Sande der Dächer, Moose und Flechten und vermag nicht länger wie einige Tage im Wasser zu leben, [7]) ebenso wenig wie die Wasser-

1) A. a. O. S. 272 u. 283.

2) Macrob. Hufelandii.

3) Von der äusseren Körperform sagt er S. 350: „La forme du corps n'est pas agréable, elle ressemble grossièrement à un testicule de Coq"

4) Fauna boica Vol. III. 1. Theil, S. 178 u. 195.

5) Ueber das Nervensystem der Bärthierchen, dieses Archiv 1. Bd. S. 104, Anm. 1.

6) Echiniscus Creplini, Gryphiae 1861.

7) Es ist auch wohl schwer anzunehmen, dass aus den Eiern der Landbewohner, wenn sie zufällig ins Wasser gerathen sind, Thiere geboren werden, die sich alsbald an das neue Medium und die durchaus verschiedene Lebensweise gewöhnen und nun Wasserthiere werden.

Bärthierchen im Sande, die in noch kürzerer Zeit darin absterben. Schrank beschreibt aber seinen Arctiscon ausdrücklich als Wasserthier und identifizirt ihn auch selbst mit dem »Wasserbär« von Götze etc. Was allerdings für die Art-Gleichheit des Arctiscon tardigradum *Schrank* mit Milnesium tardigradum *Doy.* spricht, sind die »beiden kurzen Fühlhörner,« die Schrank am Kopfe seines Thieres gesehen haben will. Gleich darauf spricht er aber von dem ersten Ringe, in den der Kopf nicht zurückgezogen werden könne. Er meint offenbar damit die erste Segmentirung resp. Querfaltung der äussern Haut. Nun stehen aber bei Milnesium die beiden kleinen Fortsätze gerade auf den Seiten dieses ersten Segmentes und nicht auf dem Kopfe, den Schrank als solchen im Auge gehabt.

Nach Allem diesem möchte es also mindestens zweifelhaft sein, welches Genus und welche Species Schrank beobachtet hat. Weniger zweifelhaft, wie hier nebenbei bemerkt werden mag, ist es freilich, dass Doyère nicht der erste gewesen ist, der Milnesium tardigradum beschrieben hat. Schon Dutrochet [1]) berichtet im Jahre 1812 von einem Bärthierchen, dass er zwar selbst für den Tardigraden Spallanzani's hält, dass aber aller Wahrscheinlichkeit nach Milnesium tardigradum *Doy.* ist. Sicher ist dieses letztere aber schon von C. A. S. Schultze im Jahre 1837 [2]) beschrieben und im Jahre 1838 [3]) von demselben auf der Naturforscher-Versammlung in Freiburg in Zeichnung vorgelegt und unter dem Mikroskope in natura demonstrirt worden. Es möchte also hiernach um den von Schrank gewählten trefflichen Namen aufrecht zu erhalten, der Vorschlag von C. A. S. Schultze, wie ich schon früher bemerkte, [4]) ein durchaus berechtigter sein, nämlich Milnesium tardigradum *Doy.* in Arctiscon oder vielmehr Arctiscus Milnei [5]) zu verändern.

Nach Schrank finden wir erst im Jahre 1820 einige freilich unsere Kenntniss wenig fördernde Angaben von Nitzsch [6]) über die

1) Annales du Museum d'histoire naturelle. Tome XIX. pag. 381. pl. 18.

2) Bericht über die Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Prag im Sept. 1837. Prag 1838 S. 187.

3) Bericht über die Versamml. deutscher Naturforscher etc. in Freiburg, im Sept. 1838. Freiburg 1839. S. 79.

4) A. a. O. S. 104. Anm. 1.

5) Schultze: Echiniscus Creplini S. 4. Anm. 6.

6) Allgem. Encyclopädie von Ersch u. Gruber. 5. Theil 1820. S. 166. Artikel: Arctiscon.

Macrobioten. Er recapitulirt die vorausgegangenen Beobachtungen, und vermuthet schliesslich in dem »Wasserbären« das Junge eines zur Gattung Cyclops gehörigen Krusters. Ebenso unbedeutend und meistens irrthümlich sind die Mittheilungen von Blainville im Jahre 1826 und 1828, [1]) die fast noch hinter den Beobachtungen von Goetze u. Müller zurückbleiben. Er hält seine »Tardigraden« für Käferlarven, gibt ihnen nur 6 Beine etc., und die Kenntniss unserer Thierchen drohte nicht nur Rückschritte zu machen, sondern fast der Vergessenheit anheim zu fallen, als im Jahre 1834 C. A. S. Schultze durch Veröffentlichung seines Macrobiotus Hufelandii [2]) aufs Neue das Interesse lebhaft dafür erweckte. Er ist der Erste, dem wir genauere Beobachtungen nicht bloss über die äussere Gestalt und Lebensweise, sondern auch über die Organisation der Bärthierchen verdanken, welche letztere von den vorhergehenden Beobachtern nur in schwachen Andeutungen erkannt worden war.

In einem Anhange der ersten Schultze'schen Mittheilung in der »Isis« (siehe Anm.) werden von Ehrenberg auch einige auf die Bärthierchen bezügliche Notizen veröffentlicht, worin er angibt, dieselben schon früher gesehen und im vorausgegangenen Jahre in der »Gesellschaft naturforschender Freunde« einen Vortrag darüber gehalten zu haben. Er bestätigt die Schultze'sche Darstellung über die Organisation besonders des Verdauungsapparates, fand aber sein Thierchen nicht wie Schrank im Sande, sondern im Wasser, ferner die 8 Füsse nicht mit 4, sondern mit 3 Krallen an jedem ausgerüstet, und gibt demselben wegen dieser letzteren Eigenschaft den Namen Trionychium ursinum. Ich glaube, dass das Trionychium ursinum Ehrenberg's kein anderes ist als der schon von dem ersten trefflichen Beobachter Götze beschriebene und von Eichhorn, Müller, Nitzsch etc. wieder aufgefundene »Wasserbär«. Ehrenberg scheint indessen die Arbeiten seiner Vorgänger nicht gekannt zu haben, da er ihrer nicht erwähnt und auch die eigenthümliche Art der Eierablage in die abgestreifte äussere Haut, die schon Götze und nach ihm genauer Müller schildert, als neu aufführt.

---

1) Annales des sc. nat. Tome XI, 1826 pag. 105 und Dictionnaire des sc. nat. Tome LII, 1828. Article: Tardigrade.

2) Isis von Oken. Jahrg. 1834. S. 710. Taf. XIV. Macrobiotus Hufelandii. Gratulationsschrift. Berlin 1834.

In demselben Jahrgange der »Isis« [1]) finden wir ferner noch einige treffliche allgemeine und spezielle Bemerkungen über die Bärthierchen von Perty, worin er das bis dahin darüber Veröffentlichte zusammenfasst, und für die ganze Gruppe, da sie sich den übrigen Familien der Krustaceen als fremd erwiesen, den besonderen Familiennamen »Xenomorphidae« vorschlägt. Er stellt dann unter dem Schrank'schen Genus-Namen Arctiscon 4 Species auf, nämlich: 1) A. Mülleri. 2) A. Schrankii, 3) A. Hufelandii und 4) A. Dutrochetii, Aus eigner Anschauung kannte er nur den A. Mülleri (Wasserbär) sah an demselben aber auch nur 3 Krallen an jedem Fusse.

Im folgenden Jahre (1835) veröffentlicht wiederum ein früherer Beobachter Nitzsch [2]), einige Bemerkungen über unsere Thiere, die indessen nur an schon Bekanntes erinnern. Auch die von ihm behauptete Identität des Genus Arctiscon mit Macrobiotus war schon von Perty ausgesprochen. Ihm war ebenfalls und zwar nur einmal, der Wasserbär vorgekommen, an dem er auch nur 3 Fuss-Krallen fand.

Im Jahre 1838 erschien dann eine ausführlichere Abhandlung von Dujardin [3]), die ausser einigen Abweichungen und Berichtigungen besonders in Betreff des Gefässsystemes nicht wesentlich über die Schultze'schen Untersuchungen hinausging, und weil die Beobachtung nur auf einer einzigen Species fusste, vielleicht allzu kühne Urtheile sowohl über die Bärthierchen im Allgemeinen wie über die vorausgegangenen Beobachter derselben aufstellte. Zu den ersteren gehörte der nicht glückliche Versuch, die Bärthierchen mit den Räderthierchen etc. zu einer Klasse der Systoliden [4]) zu vereinigen. Was nun die Species betrifft, die Dujardin untersuchte, so bestand dieselbe wie bei den meisten seiner Vorgänger in einem im Wasser lebenden Macrobiotus, der sich aber in einem Punkte wesentlich von den früher beschriebenen unterscheidet, nämlich durch den Besitz von 4 Krallen an jedem Fusse, während wir in den früheren Beschreibungen immer nur 3 angegeben finden. Es

---

1) Einige Bemerkungen über die Familie Xenomorphidae etc. v. Perty, Isis 1834. S. 1241.

2) Einige Bemerkungen über die Gattung Arctiscon etc. Archiv für Naturg. 1835, S. 374.

3) Annales des sc. nat. II. Serie. Tome X. S. 181.

4) Vergl. auch Histoire naturelle des Zoophytes von Dujardin. S. 571 u. f.

zeugt das jedenfalls wiederum für die treffliche Beobachtungsgabe des ausgezeichneten französischen Naturforschers, da die angeblich 3kralligen Thiere thatsächlich alle 4 Krallen an jedem Fusse besessen haben. Es gibt eben meiner Ueberzeugung nach nur einen Macrobioten resp. nur eine Species, die im süssen Wasser wohnt, und diese hat 4 Krallen. Es ist diese Ueberzeugung nicht blos das Resultat der eigenen zahlreichen Untersuchungen sondern auch der möglichst unbefangenen vergleichenden Prüfung der vorausgegangenen Beobachtungen. Dujardin selbst hatte in jener ersten oben besprochenen Mittheilung nur eine Art aufgeführt, erst in späteren Arbeiten [1]) fügt er eine zweite aus dem süssen Wasser hinzu, und nennt dann die erste Macrob. lacustris und die zweite M. macronyx. Die Hauptunterschiede, die Dujardin zwischen diesen beiden Arten aufstellt, beziehen sich auf die Grösse des Körpers und der Krallen In den Grössen-Unterschieden bezüglich des Körpers widersprechen sich indessen seine Angaben, indem er an einer Stelle (Annal. d. sc. nat. 2 Serie Tome X pag. 181) seinen Macr. lacustris bis 0,5 Millm. gross angiebt, während er ihm später (Annal. d. sc. nat. 3 Serie Tome XV pag. 163) nur 0,21 — 0,25 Mm. Grösse zuspricht. Der zweiten Art, dem Macrob. macronyx, ertheilt er aber eine Grösse bis zu 1 Mm. Die Grösse der Krallen nun beschreibt Dujardin von diesem Letzteren als 3mal so stark wie die von Macr. lacustris. Ist nun dieser Unterschied zwischen den Krallen bei der angegebenen Grössendifferenz der ganzen Thiere auffallend, ist er nicht vielmehr den natürlichen Proportionen durchaus entsprechend, wenn man nur statt besondere Arten zu suchen einfach annimmt, dass die kleinen und kleinkralligen Thiere eben die Jungen oder im Wachsthum zurückgebliebenen Individuen sind, während die grossen die ausgewachsenen oder durch günstige Bedingungen in ihrer Ernährung besonders geförderte Thiere derselben Art repräsentiren? Und in der That braucht man nur eine Reihe von Macrobioten des süssen Wassers derselben Oertlichkeit entnommen zu untersuchen und man wird meistens beträchtliche Unterschiede in der Grösse finden aber ohne Zweifel innerhalb der Grenzen derselben Art. Ferner sind oft in einem Gewässer die Insassen durchschnittlich klein und übersteigen selten 0,3—0,4 Mm., während sie sich in einem anderen

1) Histoire naturelle des Zoophytes S. 663. Annal. d. sc. nat. III. Serie Tome 15 pag. 162. Pl. III. Fig. 7 u. 8.

durch besondere Grösse auszeichnen und oft nahezu 1 Mm. lang sind. So finde ich hier bei Bonn in einem kleinen Bache, der hinter Godesberg aus den Bergen kommt, jenen Ort durchfliesst und sich dann zur Seite des Rheins im leichten Gefälle nach Bonn wendet, eine ausserordentlich reiche Bevölkerung an Macrobioten, die fast durchgehend zu den grössten gehören, die man finden kann. Man trifft gar nicht selten auf Exemplare von 0,8—0,9 Mm. Länge. Auf der andern Seite habe ich wiederum hier einige kleinere stehende Gewässer angetroffen, in denen die grössten Individuen kaum die Hälfte jener Bachbewohner erreichen. Wir können also wohl vorläufig mit einem gewissen natürlichen Rechte annehmen, dass Dujardin nur eine und nicht zwei verschiedene Arten beobachtet habe und muss die für Macrob. macronyx gegebene Darstellung und Abbildung als die gültige angesehen werden.

Es bleibt jetzt noch übrig die Identität dieses Macrob. macronyx Dujardin's mit dem Wasser-Bärthierchen von Goetze und den übrigen Autoren nachzuweisen, die alle, wie wir eben gesehen haben, ihre Thiere mit 3 Krallen an jedem Fusse beschreiben. Dass die älteren Beobachter statt 4 nur 3 Krallen gesehen haben, dürfte, da wir es mit mikroskopischen Thierchen zu thun haben, in den damals noch mangelhaften Instrumenten und Untersuchungsmethoden vielleicht eine Erklärung finden, dass aber so ausgezeichnete und in jeder Weise geübte Beobachter im mikroskopischen Thierleben wie Ehrenberg auch nur 3 Krallen gesehen haben, so dass der letztere für sein Thier sogar einen neuen Genus-Namen Trionychium bestimmt, fordert sicher zur grössten Vorsicht bei der Untersuchung unserer Frage auf. Ich glaube indessen den Schlüssel sowohl für die Angabe Ehrenberg's, der übrigens seit 1834 das Thierchen nicht wieder gesehen zu haben scheint [1]), wie für die seiner Vorgänger in dem natürlichen Verhalten unseres Macrobioten gefunden zu haben. Beobachtet man nämlich einen solchen lebend unter dem Mikroskop, so wird man bei circa 100facher Vergrösserung fast niemals 4 Krallen sehen. Durch einen eigenthümlichen Mechanismus treten jedesmal, so oft das Thier seine kurzen Füsschen ausstreckt, immer nur 3 Krallen an jedem Fusse hervor und dieses Bild ist so täuschend, dass es sich bei lebhafter Bewegung des

1) Bericht über die zur Bekanntmachung geeigneten Verhandlungen der Königl. Akademie zu Berlin 1848 S. 334.

Thierchens meistens noch bei 2—300 facher Vergrösserung vollkommen erhält, selbst wenn man die Täuschung kennt und mit Eifer die 4. Kralle zu erblicken sucht. Erst wenn durch allmählichen Druck unter einem Deckglase das Thier ausgestreckt und bewegungslos daliegt, sieht man deutlich 4 Krallen, 2 längere und 2 kürzere. Es scheint also, nach meiner Ueberzeugung, da sonstige wesentliche Unterschiede in den betreffenden Beschreibungen nicht angegeben werden, auch in dem obigen kein Hinderniss gegen die Art-Einheit sämmtlicher bisher bekannt gewordener Macrobioten des süssen Wassers zu liegen.

Ich komme nun zum Schlusse unserer Macrobioten-Geschichte und habe nach Dujardin noch eine Hauptarbeit nämlich die von Doyère im Jahre 1840 veröffentlichte Monographie der Bärthierchen hervorzuheben, eine Arbeit, die sich durch grosse Gründlichkeit und Treue der Forschung besonders in Bezug auf die Organisationsverhältnisse auszeichnet und der wohl keiner, der sie kennen gelernt, seine Hochachtung versagen kann. Wir verdanken Doyère eine Menge höchst werthvoller Entdeckungen und Detailbeobachtungen, die nicht bloss für die specielle Kenntniss unserer Thiere allseitig förderlich waren, sondern auch in hohem Grade von allgemein zootomischem und physiologischem Interesse sind. Er beschreibt 4 zu den Macrobioten gehörige Arten: 1. Macrobiotus Hufelandii *Schultze*; 2. Macrobiotus Oberhäuseri, eine von Doyère entdeckte neue Species. 3. M. ursellus (der kleine Wasserbär von Götze etc.) und 4. M. Dujardinii (M. lacustris *Dujardin* s. ob.). 3 u. 4 fallen also nach den obigen Erörterungen in eine Species zusammen, was hier um so kürzer angeführt werden kann, da Doyère unsren Süsswasser-Macrobioten selbst nicht hatte auffinden und beobachten können.

In einem zweiten Aufsatze im Jahre 1842 [1]) sucht Doyère die allgemein zoologischen Verhältnisse und Verwandtschaften aus einander zu setzen, indem er zugleich seine früher von Dujardin adoptirte Ansicht über die Vereinigung der Arctiscoiden mit den Rotatorien zu den »Systoliden« wesentlich modifizirte, ohne indessen weiterhin zu einem bestimmten Resultate bezüglich des Anschlusses der Bärthierchen an eine andere Thierklasse zu gelangen.

Im Jahre 1857 finden wir dann noch, ausser der oben erwähn-

---

1) Rapports zoologiques des Tardigrades. Annales d. sc. nat. II. Serie Tome 17 Pag. 193.

ten Arbeit von Dujardin[1]) sehr werthvolle Mittheilungen von J. Kaufmann[2]) über die Entwicklung der Macrobioten und die systematische Stellung der Bärthierchen im Allgemeinen. Als Untersuchungsobjekt dienten Kaufmann ebenfalls Macrobioten aus dem süssen Wasser, die er mit der von Dujardin beschriebenen Art identisch glaubt, bezüglich deren wir also auf die oben ausgesprochene Ansicht verweisen können. Er glaubt die Bärthierchen, wie das bereits von O. F. Müller geschehen war, zu den Milben stellen zu müssen.

Ausserdem besitzen wir noch aus den letzten Decennien einige Mittheilungen von Ehrenberg über die Arctiscoiden, worin der unermüdliche Forscher des kleinen thierischen Lebens unsere Kenntniss um einige neue Arten, hauptsächlich das Genus Echiniscus betreffend bereichert[3]), die unser Interesse in hohem Grade auch desshalb beanspruchen, weil sie sämmtlich in Mooserde vom Monte rosa in einer Höhe von über 11.000 F. gefunden worden sind. Auch den Macrobiotus Hufelandii fand er noch in jener Höhe.

Im Jahre 1861 hat uns C. A. S. Schultze noch mit einer neuen Art seiner 1840 gegründeten[4]) Gattung Echiniscus, dem Echiniscus Creplini[5]) bekannt gemacht, der desshalb hier erwähnt zu werden verdient, weil wir in jener Arbeit auch mehrere allgemein interessante und besonders kritische Bemerkungen bezüglich der vorausgegangenen Beobachtungen über die Bärthierchen und die systematische Stellung der letzteren finden.

1) Annales d. sc nat. III Serie Tome 15. Pag. 162.

2) Zeitschr. f. wiss. Zool. III. Bd. S 220 Taf. VI. Fig. 1—20.

3) Monatsbericht der Berliner Akademie vom Jahre 1853. S. 530. Mikrogeologie Taf. 35. B. Massenansicht A. u. Fig. 1 - 5.

Es möge mir erlaubt sein hier auf einen Irrthum Ehrenberg's in Rücksicht auf eine dort aufgestellte neue Art, Milnesium alpigenum, aufmerksam zu machen. Er charakterisirt die letztere mit 6 äusseren den Mund umgebenden Palpen zum Unterschiede der von Doyère beschriebenen Art, die nur 3 Palpen habe. Die Doyère'sche Art hat aber ohne Zweifel auch 6 Palpen, wie jener Forscher auch selbst mit unzweideutigen Worten ausspricht: a. a. O. S. 283 „bouche entourée de six petits palpes" und S. 318 „sur le bord externe de la ventouse six palpes." Die unterscheidenden Merkmale reduciren sich also auf die verschiedene Beschaffenheit der kleinen Häkchen an den Füssen.

4) Echiniscus Bellermanni. Berlin 1840.

5) Echiniscus Creplini. Greifswald 1861.

Endlich ausser der von mir im vorigen Jahre gegebenen Darstellung des Nervensystemes der Bärthierchen (dieses Archiv) verdanken wir noch als letzte Arbeit Herrn Prof. Max Schultze die interessante Beschreibung eines Arctiscoiden aus der Nordsee[1]), der von ihm bei Ostende und zugleicherzeit von mir bei Helgoland aufgefunden worden war, des Echiniscus Sigismundi, auf den wir ebenfalls später zurückkommen werden.

Bevor ich nun zu meinen Beobachtungen über Vorkommen, Lebensweise und den Bau übergehe, will ich zunächst eine kurze allgemeine Charakteristik der Bärthierchen vorausschicken und die einzelnen Arten der Macrobioten, soweit ich sie habe auffinden und feststellen können, beschreiben, damit ich mich bei den späteren Mittheilungen um so leichter auf jene beziehen kann.

Die Bärthierchen sind mikroskopische zu den Arthrozoen gehörige Thierchen von seitlicher Symmetrie mit mehr oder weniger deutlicher Segmentirung des ovalen oder cylindrischen Körpers, dessen Oberfläche entweder glatt (Macrobioten) oder mit äusseren, in Form von Stacheln, langen Filamenten oder kurzen und stumpfen Fortsätzen auftretenden Anhängen (Echinisci, Arctisci [Milnesium] Lydella) versehen ist. Alle Bärthierchen haben 8 mit beweglichen Krallen versehene Füsse, von denen das letzte Paar stets terminal am hinteren Leibesende sich befindet. In die mit einem Saugmunde endigende starre chitinige Schlundröhre treten zwei feste vorn zugespitzte aus kohlensaurem Kalk bestehende Mundspiesse (Mandibeln) ein, die durch besondere Muskeln bewegt und nach aussen hervorgestossen werden können. An die Chitinröhre schliesst sich ein stark muskulöser Schlundkopf (Kaumagen), dem dann, häufig durch Vermittlung eines kurzen Oesophagus, der mehr oder minder weite, gerade zum After verlaufende Darm folgt. Ein vom Darm gesonderter Magen existirt nicht. Das Blut, aus einem feinkörnigen Fluidum, einfachen kleinen und glänzenden, und grossen körnigen Kugeln bestehend, wird ohne jegliche Gefässvermittelung oder Pulsation frei und unregelmässig in der Leibeshöhle umhergetrieben. Die Muskulatur besteht aus einzelnen glatten Muskelbalken, die den Körper nach den verschiedensten Richtungen durchkreuzen. Das Centralnervensystem ist aus einem Schlundringe und einer sich daran anschliessenden Bauchganglienkette zusammengesetzt. Von Sinnesorganen hat man bei den meisten zwei

1) Dieses Archiv Bd. I. S. 428. Taf. 25.

dem Gehirn aufliegende Augen und andere peripherische Organe aufgefunden, deren Bedeutung noch zweifelhaft ist.

Besondere Respirationsorgane sind bis jetzt nicht nachgewiesen. Die Arctiscoiden sind Zwitter, deren Zeugungsorgane aus einem über dem Darm nach dem Rücken zu gelegenen unpaaren Ovarium und paarigen Hoden zusammengesetzt sind, welche in eine, am hinteren Leibesende bauchwärts gelegene, mit dem Darm gemeinschaftliche Oeffnung (Kloake) nach aussen münden. Einige (Echinisci) lassen eine geringe, bloss die Zahl der äusseren Körperanhänge und Krallen betreffende Metamorphose in ihrer Jugend erkennen, die anderen sind von vornherein ihren Eltern vollkommen ähnlich.

Genus Macrobiotus. *C. A. S. Schultze.*
(Vergleiche Tafel VI. Fig. 1.)

Der mehr oder minder cylindrische oder gestreckt ovale Körper ohne äussere Anhänge und ohne feste Segmentirung der leicht sich faltenden, weichen und glashellen äusseren Körperhaut. Saugmund mit oder ohne innere Papillen. (Fig. 1, a). Mundspiesse (Mandibeln) verhältnissmässig kräftig und kurz und in einem sanften Bogen pfeilartig auf einander zulaufend (Fig. 1, c). Der kugelige oder elliptische stark muskulöse Schlundkopf mit Kauplättchen oder Stäbchen ausgekleidet. 4 Paar ungegliederte Füsse. Ohne Metamorphose.

Der zuerst von C. A. S. Schultze gegebene Gattungscharakter war folgender:

> Corpus elongatum, depresso-cylindricum in decem segmenta distinctum. Pedes octo, alternis segmentis a quarto ad decimum affixi. Caput antennis destitutum, oculi duo.

Perty[1]) vereinigt den Charakter der Familie mit dem der Gattung unter folgenden Gesichtspunkten:

> Xenomorphidae, Crustaceorum familia.
>
> Corpus subcylindricum, nudum, molliusculum, pelucidum, e segmentis obsoletis compositum.
>
> Caput antennis nullis? oculis duobus. Os laminis duabus, maxillas referentibus, instructum.
>
> Pedes octo: anteriores sex ad segmenta sextum et octavum affixi, postici duo anales, omnes ungulis muniti. Anus ori oppositus, terminalis.

1) Isis von Oken. Jahrg. 1844. S. 1 44.

Doyère charakterisirt unsre Gattung folgendermassen:

Tête sans appendices. Bouche terminée par une ventouse depourvue de palpes. Peau molle, divisée seulement par des rides variables. Quatre paires de pattes. Aucune trace de Metamarphose.

I. Macrobiotus Hufelandii *C. A. S. Schultze.*

Le Tardigrade. *Spallanzani* (?) [1]).
Arctiscon Hufelandii. *Perty* [2]),
Arctiscon tetradactylum. *Nitzsch* [3]).

Körper mehr oder minder cylindrisch mit mehr verschmälertem Kopfe wie Hinterleibsende, graugelber subcuticularer Hautfärbung der erwachsenen Thiere, während die Jungen farblos und durchscheinend sind. Am Kopfe zwei schwarzgefärbte Augen. Keine Papillen im Saugmunde. Der mehr oder minder kugelige Kaumagen ist mit 3 Längs-Doppelreihen chitiniger Stäbchen ausgekleidet. Jede Längsreihe enthält in der Regel 3 grössere und 1 kleineres Doppelstäbchen. Oft sind die 2 ersten aufeinanderfolgenden zu einem längeren Doppelplättchen verschmolzen (Taf. VI. Fig. 6). An jedem Fusse 2 Krallen (Taf. VI. Fig. 3). Jede Kralle besteht aus 2 Haken, die in der Mitte zu gemeinschaftlicher fester Basis verschmolzen sind, so dass bloss die ganze Kralle aber nicht die einzelnen Spitzen beweglich eingelenkt sind. Die kugelichen Eier von 0,06—0,07 Mm. Durchmesser werden einzeln und frei abgelegt und besitzen eine mit eigenthümlich geformten Vorsprüngen bedeckte feste Eischale (Taf. VII Fig. 11). Die Länge des sich durch lebhafte Bewegung auszeichnenden Thierchens beträgt im ausgewachsenen Zustande 0,5—0,7 Mm. Der Körper ohne Füsse ist circa viermal so lang wie breit.

Der Macrobiotus Hufelandii ist das verbreitetste und am häufigsten vorkommende aller Bärthierchen. Im Sande und unter allen Moosen und Flechten der Dächer, Gemäuer, Felsen, Steine, Bäume etc., im Thal und auf hohen Bergen trifft man auf ihn, und um so mehr, wenn jene Stellen sonnig gelegen sind. Ich fand ihn im Dünensande von Helgoland und in Mooserde von 8000 F. hohen Berggipfeln (Tyrol), Ehrenberg hat ihn sogar noch wie schon oben

---

1) A. a. O. S. 346.
2) A. a. O. S. 1245.
3) Arch f. Naturg. v. Wiegmann etc. 1835. S. 374.

erwähnt in Moos vom Monte rosa in einer Höhe von 11138 F. gefunden. Aber nicht bloss unter Moosen findet er sich, sondern auch unter Gräsern und sonstigen Pflanzen, die die Felsen und Steine überziehen. Besonders häufig fand ich ihn hier in Bonn an den Wurzelfasern verschiedener Sedum-Arten, die ein gegen den Rhein gebautes Gemäuer überziehen. Er scheint dabei eine eigenthümliche Neigung mit seinen verwandten Gattungen und Arten zu theilen, gern auf einer festen Basis, also auf Steinen, Holzwerk, Dachziegeln etc. zu wohnen und dort die der Sonne am meisten ausgesetzten Stellen aufzusuchen.

II. Macrobiotus Schultzei *nov. spec.*

Taf. VI. Fig. 1.

Ich fand diesen schönen und grossen Macrobioten, den ich dem Gründer unserer Gattung zu widmen mir erlaube, hier in Bonn unter dünnem Sedum und Grasrasen auf einem alten Gemäuer. Merkwürdigerweise hielt er hier nur einen kleinen Verbreitungsbezirk, der sich fast scharf abgrenzte, war aber dort auch in solcher Menge wie ich niemals selbst unter den sonst günstigsten Bedingungen Macrobioten anderer Arten zusammen angetroffen habe. Zudem behauptete er, wie es schien, hier die Herrschaft ausschliesslich, da ich keine andere Arten in seiner Gesellschaft gefunden habe, obgleich der Macrobiotus Hufelandii an vielen Stellen in der Nähe auch häufig vorkam. Er steht dem Macr. Hufelandii in der Körperform, Bildung der Krallen etc. sehr nahe, unterscheidet sich aber in zwei wesentlichen Punkten von dem erstern, nämlich: erstens durch den Besitz von 6 konischen Papillen, in dem erweiterten vorspringenden Saugmunde (Fig. 1, a) und zweitens durch den constanten Mangel der Augen, ist ausserdem durchgehends grösser und heller (graugelb) gefärbt. Der ovale Schlundkopf trägt drei Reihen chitiniger Kauplättchen (Fig. 1, l), die immer dasselbe in der Abbildung gegebene Verhältniss zeigen, während dieses bei der vorigen Art häufig variirt. Ich fand ihn bis zu 0,8 Mm. lang. Seine Eier sind ähnlich denen von Macrobiotus Hufelandii.

III. Macrobiotus Oberhäuseri *Doyère.*

Der Körper dieses von Doyère[1]) entdeckten Macrobioten nähert sich am meisten von allen anderen Arten der Cylinderform und

1) Annal. d. sc. nat. II. Serie Tome IV. S. 286. Taf. 14. Fig. 11—15.

zeichnet sich durch eine schön rothbraune Färbung, dem Mangel der Augen und durch die besondere Bildung seiner Krallen aus; die letzteren bestehen an jedem Fuss aus drei Stücken, nämlich einer langen dünnen terminalen und zwei mehr zurückstehenden kurzen aber kräftigen Krallen, von denen die der terminalen Kralle zunächst stehende einfach ist, während die andere zwei Haken hat (Taf. VI. Fig. 5). Der Sitz der erwähnten Färbung ist die subcuticulareKörperhaut, die aus grossen getäfelten Epithelien besteht, in welche ein rothbraunes körniges Pigment eingelagert ist. Diese Epithelien ziehen sich als mehr oder minder regelmässige Längsreihen über den Körper hin und treten besonders in den Mittelfeldern des Rückens als zwei neben einander herlaufende Streifen von viereckigen Tafelzellen hervor, und das um so mehr, als sie von den langen darunter liegenden Rückenmuskeln begrenzt und scheinbar eingefasst werden. Neben diesen medianen Längsstreifen sieht man noch beiderseits zwei seitlich aber weniger regelmässig gestellte Längsreihen von Epithelien über den Rücken laufen.

Aber auch in querer Richtung ist die Färbung des Körpers markirt resp. in gewissen Abständen unterbrochen, und das ist jedesmal da, wo die äussere helle Cuticula sich in Querfalten zu legen pflegt, an welchen Stellen ein feines helles Querband den Körper umgreift, so dass auf diese Weise 8 bis 10 allerdings nicht immer deutliche Segmente hervortreten.

Die Mundbewaffnung, Schlundröhre, Kauapparat sind bedeutend kleiner wie bei den vorhergehenden Arten und auch abweichend gestaltet (Taf. VI. Fig. 7). Die Jungen sind ganz farblos und durchscheinend und bemerkt man an diesen deutlich die vollständige Abwesenheit der Augen, was sich bei den erwachsenen Thieren wegen des am Kopfe vielfach zerstreuten rothen Pigmentes nicht so leicht entscheiden lässt. Die Eier sind kugelig und haben circa 0,06 Mm. im Durchmesser. Die äussere Eischale ist dicht bedeckt mit feinen nicht starren Stacheln (siehe Tafel VII. Fig. 12). Das was Doyère als das Ei von Macrobiotus Oberhäuseri beschreibt und abbildet (o. c. Taf. XIV. Fig. 15), scheint ein unreifes noch nicht abgelegtes Ei zu S. 287 sein, das mit Furchungskugeln erfüllt ist, bei dem aber die eigenthümliche Bildung der Eischale noch nicht vorhanden ist.

Die Bewegungen sind lebhaft. Seine Grösse variirt sehr, ich fand ihn bis zu 0,45 Mm. lang.

Das Vorkommen von Macrobiotus Oberhäuseri ist bei weitem

nicht so verbreitet wie das von Macrobiotus Hufelandii, sondern in gewisser Hinsicht beschränkt. Er liebt leichte, luftige und besonders sonnige Wohnungen und man wird ihn desshalb selten in einer tiefern Lage von Sand oder Erde finden, sondern meistens nur da, wo auf einem dünnen erdigen Ueberzug sich eine leichte Moos- oder Flechtendecke erhebt, also auf Dächern, an abschüssigen Felsen und Mauern etc.

IV. Macrobiotus tetradactylus. *nov. spec.*

Diese Species hat in ihrem äusseren Habitus viele Aehnlichkeit mit den beiden ersten Arten besonders mit Macrobiotus Hufelandii, unterscheidet sich aber durch einige Hauptcharaktere wesentlich von jenen. Nämlich erstens durch die Bildung der Krallen, deren bei unserem Thiere sich auch zwei an jedem Fusse befinden. Jede Kralle besteht indessen hier aus zwei bis zum Grund getheilten Häkchen (Taf. VI. Fig. 2), so dass jedes Häkchen für sich besonders eingelenkt ist und einzeln bewegt werden kann, wodurch wir also zwei wahre Doppelkrallen resp. vier einzelne Krallen an jedem Fusse haben (siehe auch Taf. VII. Fig. 13). Bei Macrobiotus Hufelandii und Schultzei aber sind die Krallen, wie wir gesehen haben, in der Mitte mit einander verschmolzen (Fig. 3). Durch den zweiten Hauptpunkt unterscheidet sich unsere Species nicht bloss von Macrob. Hufelandii, sondern von den sämmtlichen vorausgegangenen Arten nämlich durch die Form der Eier und die Art und Weise der Ablage derselben. Die Eier von Macrob. tetradactylus sind oval, haben eine vollkommen glatte Oberfläche und werden nicht einzeln und frei sondern zu mehreren in die abgestreifte äussere Haut hineingelegt, die als ein vom mütterlichen Körper durchaus getrennter selbständiger Eiersack die Eier so lange umschliesst bis die Jungen auskriechen, Taf. VII. Fig. 13 ist ein solcher vier Eier enthaltender Eiersack, aus der vollständig abgestreiften äusseren Haut des Mutterthieres mit sammt den Krallen bestehend, abgebildet. In den Eiern sieht man die schon sehr früh gebildeten Kauapparate der Embryonen durchscheinen.

Der Macrob. tetradactylus ist kleiner wie Macrob. Hufelandii und nähert sich in der Grösse und Bildung seines Kauapparates dem Macrobiotus Oberhäuseri. Er trägt zwei schwarze verhältnissmässig grosse Augen am Kopfe. Seine Bewegungen sind bedeutend langsamer und unbeholfener wie die der übrigen Arten. Die Länge übersteigt selten 0,3 Mm. Man trifft ihn gewöhnlich in Gesellschaft von Macrob. Oberhäuseri (siehe oben), aber im Ganzen seltener.

V. Macrobiotus macronyx *Dujardin*.

Der kleine Wasserbär und das Bärthierchen (Acarus ursellus) von *Goetze*, *Eichorn* und *O. F. Müller*.

Trion ychium ursinum, *Ehrenberg*.
Arctiscon Mülleri, *Perty*.
Arctiscon tridactylum, *Nitzsch*.
Macrobiotus lacustris, *Dujardin*.
Macrobiotus macronyx, *Dujardin*.
Macrobiotus Dujardin, *Doyère*.
Macrobiotus Dujardin, *Kaufmann*.
(siehe oben den historischen Theil).

Der Körper dieses, wie wir oben gesehen haben, einzigen bisher bekannten Repräsentanten unserer Gattung aus dem süssen Wasser hat die Form eines gestreckten Ovales mit verschmälertem Kopfende. Er ist durchscheinend und leicht graugelb gefärbt, mit einem sofort sichtbaren fast schwarz-braunen Darm. Mund, Schlundröhre, Mandibeln und Schlundkopf haben viele Aehnlichkeit mit denen von M. Hufelandii, indessen ist der Schlundkopf des ausgewachsenen Thieres statt mit breiteren Kauplättchen mit dünnen langen Stäbchen ausgekleidet. Am Kopfe zwei schwarze Augen. Jeder Fuss trägt zwei Doppelkrallen; jede Doppelkralle (Taf. VI. Fig. 4) besteht aus zwei einzeln eingelenkten und für sich beweglichen Haken, wovon der eine den andern an Grösse bedeutend überragt und auf seinem Rücken noch besonders gespalten ist, und dadurch ein secundäres feines Häkchen trägt. Der M. macronyx legt seine glatten, wenig ovalen, fast kugeligen Eier, wie M. tetradactylus, in die abgestreifte äussere Körperhaut. Ich fand oft 20—30 Eier in einer Haut. Er ist der grösste von allen Macrobioten (wird bis 1 Mm. lang) und hat eine ausserordentliche Verbreitung in allen stehenden und fliessenden Gewässern (siehe oben S. 111).

Die Angabe Dujardin's (Annal. des sc. nat. Tome X 1838) dass bloss bestimmte Individuen unserer Species die allen Bärthierchen eigenthümlichen grossen granulirten Blutkugeln enthalten, beruht wohl auf einer unvollständigen Beobachtung, ich habe sie niemals vermisst.

Das Vorkommen der Macrobioten im Allgemeinen ist also nach den obigen bei den einzelnen Arten gemachten Angaben ein sehr mannigfaltiges und weites: nur eine Art (Macr. macronyx) lebt im süssen Wasser, die anderen (M. Hufelandii, Schultzei, Ober-

häuseri, tetradactylus) auf dem Lande und zwar fast überall, wo sich auf fester Unterlage, also auf Felsen, Steinen, Dächern, an grünen und trocknen Bäumen etc. geringe Mengen von Sand und Humus angesammelt haben, um einer schützenden Moos- oder Flechtendecke Nahrung zu geben, und oft auch ohne diese treffen wir auf die Wohnstätten der Macrobioten und der Bärthierchen überhaupt. Dabei suchen sie besonders die sonnigen und lichten, nach Süden gelegenen Stellen auf, denen alsbald, wenn die Sonne nur kurze Zeit darauf weilt, alle Feuchtigkeit entzogen wird, was zumal im Sommer natürlich oft wochenlang anhält. Die Bärthierchen verfallen dann mit zunehmender Trockenheit in eine Art Scheintod, sie ziehen sich immer mehr und fester zusammen, und sehen schliesslich einem feinen Sandkorn ähnlich, das die ursprüngliche Thiergestalt in keiner Weise mehr erkennen lässt[1]). Die Ernährung und die gesammten Körperfunktionen scheinen dann vollkommen still zu stehen. In diesem Zustande können unsere Thierchen Monate selbst Jahre lang verharren, bis ihnen gelegentlich durch neue Feuchtigkeit resp. Wasser neues Leben zufliesst, zudem sie dann meistentheils nach kurzer Zeit (längstens $1/2$—1 Stunde, wieder erwachen. Schon Spallanzani hat diese Beobachtung, wie schon oben angeführt, in ausgedehntester Weise sowohl an unseren Bärthierchen wie an den gewöhnlichen Gesellschaftern derselben, den Räderthieren und Nematoden angestellt, und alle nachfolgenden Naturforscher, die diese seltsame Erscheinung zu beobachten Gelegenheit hatten, besonders C. A. S. Schultze (Macr. Huf.), haben dieselbe vollkommen bestätigt und erweitert. Nur eine, allerdings gewichtige Stimme hat sich bis jetzt, wie es scheint, andauernd dagegen ausgesprochen, nämlich Ehrenberg, der zuerst im Jahre 1834 (Isis S. 711) in Folge der Schultze'schen Mittheilungen die ganze Wiederbelebung für eine Täuschung erklärte. Was indessen Ehrenberg hier über die im Wasser lebenden Räderthiere und Infusorien sagt, die ihm in Bezug auf die Wiederbelebung nach erfolgter vollständiger Eintrocknung nur negative oder unvollkommne Resultate gegeben, kann natürlich für unsere spezielle Frage keine Bedeutung haben, da jene Fähigkeit bloss an den auf dem Lande resp. im trocknen Sande lebenden Thierchen aber nicht an Wasserthieren beobachtet und beschrieben worden ist, welchen letzteren

1) Vergl. die Abbildung von C. A. Schultze in Macr. Hufelandii Fig. 2 und besonders 3.

sie in der That auch nicht oder nur in sehr beschränktem Maasse zukommt. Die hierauf (Isis S. 712) folgenden Bemerkungen Ehrenberg's über die im Sande lebenden Räderthiere widerlegen indessen auch nicht die fragliche Erscheinung; sie stützen sich bloss auf die Beobachtung, dass die aus dem Schlafe erwachten Räderthierchen grüne als Nahrung gedeutete Körnchen in ihrem Darme erkennen liessen, woraus dann gefolgert wird, dass diese Nahrung während des Scheintodes eingenommen worden sei. Diese Vermuthung entbehrt indessen der direkten Beobachtung des Fressens der Thierchen während des Schlafes, da die nach dem Erwachen im Darme vorgefundenen grünen Körnchen mit unserer Erscheinung sehr wohl in Einklang zu bringen sind, indem sie erstens darthun, dass die Verdauung während des Asphyxie vollkommen sistirte und also auch die vor dem Einschlafen gefressenen grünen Körnchen nicht alterirt wurden, und zweitens, dass die grünen Körner unter der schützenden Thierhülle sich in Farbe und Gestalt erhalten haben, was um so eher angenommen werden kann, da Ehrenberg auch in der erdigen Umgebung des Thierchens, die ebenfalls jahrelang [1]) trocken gelegen hatte, feine confervenähnliche Fäden fand, deren grüne Glieder jenen Körnchen gleich waren.

Später im Jahre 1853 [2]) wiederholt Ehrenberg mit noch grösserer Bestimmtheit seinen Widerspruch, ohne indessen, wie mir scheint, weitere stichhaltige Beweise vorzubringen. Er führt hier hauptsächlich eine Beobachtung dagegen auf, die er an Räderthieren, die sich in der Mooserde vom Monte rosa befanden, anstellte.

Viele dieser Thierchen waren unter Wasser wieder zu voller und lebhafter Lebensthätigkeit erwacht, andere indessen »waren noch eiförmig zusammengezogen und zeigten bei sonstiger Frische nur langsame Bewegungen einzelner vorgestreckter Theile oder nur innere Bewegungen der Kiefer zum Kauen oder auch kleine Bewegungen anderer Eingeweide« etc. Eins dieser Thierchen mit schwachen Bewegungen wurde nun besonders beobachtet und dabei wahrgenommen, dass ein in demselben sich befindliches anfangs noch

1) Er untersuchte einen Theil des von C. A. S. Schultze an die Breslauer Naturforscher-Versammlung gesandten Sandes, der drei Jahre trocken gelegen hatte.

2) Bericht über die zur Bekanntmachung geeigneten Verhandlungen der K. Preuss. Akademie 1853. S. 531.

unentwickeltes Ei über Nacht sich vergrössert und weiter entwickelt hatte. Ein anderes Thierchen hatte sogar ein Ei abgelegt. Aus diesen Beobachtungen wird nun der Schluss gezogen, dass das beschriebene Stadium der schwachen Lebensäusserungen vollkommen demjenigen entspreche wie es bei den angeblich scheintodten Thierchen ununterbrochen Statt finde. Allein alle diese von Ehrenberg beobachteten Vorgänge sowohl die wenn auch schwachen Bewegungen als auch die Vergrösserung und Entwickelung des Eies etc. sind, nach seiner wiederholten Angabe erfolgt, während die Thierchen im Wasser lagen, sind also Lebensäusserungen, die offenbar unter der Einwirkung des Wassers erzeugt waren. Es kann das folglich unmöglich ein Beweis dafür sein, dass auch die im trocknen Sande liegenden vollkommen bewegungslosen und scheintodten Thierchen sich ebenso in ungestörter Weise ernähren und fortpflanzen. Betrachtet man solche eingetrocknete zusammengezogene Thierchen, die bloss dem geübten Auge als solche kenntlich und von den umgebenden Sandkörnern zu unterscheiden sind, unangefeuchtet, so wird man vergeblich auch auf die schwächsten Lebenszeichen, geschweige denn auf die oben von Ehrenberg beschriebenen Bewegungen »mit vorgestreckten Theilen« etc. warten und man wird überhaupt die Ueberzeugung gewinnen, dass das Leben in diesen festcontrahirten Körnchen, die jeder Luftzug wie den umgebenden Staub in die Höhe hebt, vollkommen erstarrt ist. Noch fester wird diese Ueberzeugung wenn man nun diese erstarrten Thierchen allmählig unter dem Einflusse des Wassers zum Leben zurückkehren sieht und die verschiedenen Stadien beobachtet, die sie zu durchlaufen haben bis sie zu den von Ehrenberg beschriebenen schwachen Bewegungen gelangen. Oft muss man lange warten ehe die ersten leisen, scheinbar noch ganz passiven Ausdehnungen des Körnchens beginnen, ehe die ersten Falten des contrahirten runzelichen Leibes sich glätten und erst wiederum nach längerer Zeit erkennt man dann wirklich aktive Bewegungen. Es ist eine sehr häufige Erscheinung, dass manche dieser wiederbelebten Thierchen in mehr oder minder erstarrtem Zustande verharren und dann nur die schwachen Bewegungen zeigen, die Ehrenberg beschreibt. Das sind aber unzweifelhaft neue unter der Einwirkung des Wassers erzeugte Lebensthätigkeiten, die der Ernährung durch wahrnehmbares Kauen vorstehen und somit auch der Weiterentwicklung eines Eies günstig sein können, während man, wie oben

ausgeführt, bei den erstarrten Thierchen nichts von alle dem wahrnimmt. Es möchte also hiernach wohl vorläufig der Widerspruch des berühmten Naturforschers keinen genügenden Beweis gegen die fragliche Erscheinung in sich schliessen, weder für unsere Bärthierchen, die Ehrenberg überhaupt hierauf nicht näher untersucht zu haben scheint, noch für ihre Gesellschafter die Räderthiere, Anguillulinen etc. Jene Fähigkeit birgt überhaupt kein »Wunder,« das Ehrenberg in dieselbe hinein zu legen sucht, in sich, wie schon Perty in treffenden Bemerkungen (Isis 1834 S. 1246) ausgeführt hat, und steht bekanntlich durchaus nicht isolirt im thierischen Leben da, nur darf man wohl nicht eine totale bis ins Innere vordringende Vertrocknung annehmen. Die feste kugelige Zusammenziehung scheint mir eher einen Schutz gegen eine vollständige Austrocknung, einen äusseren gewissermassen hermetischen Verschluss zu bieten, der dem Centrum resp. den Eingeweiden einen gewissen Grad von Feuchtigkeit bewahrt. Hierfür spricht auch die Beobachtung, dass wenn man ein Räder- oder Bärthierchen isolirt und rasch auf einer Glasplatte eintrocknen lässt, dasselbe gewöhnlich bald abstirbt, ohne je wieder durch Anfeuchtung neues Leben zu gewinnen. Die Feuchtigkeit wird hier zu schnell auch den inneren Theilen entzogen ohne dass das Thierchen Zeit gehabt hätte, wie dieses bei einem langsamen Verdunsten des umgebenden Sandes etc. möglich ist, sich allmählig zusammenzuziehen und mit seinen faltenreichen Körperdecken die inneren Organe schützend zu umhüllen.

Ueber die andere Art der Erstarrung, die eintritt, wenn man die Bärthierchen in luftleeres Wasser bringt, habe ich schon früher[1]) weitläufig berichtet. Die Wirkung ist hier eine ganz entgegengesetzte derjenigen wie sie beim Scheintode durch Eintrocknung erzeugt wird. Während bei letzterem der Körper sich kugelig und fest zusammenzieht, streckt er sich hier nach allen Richtungen bis zum Aeussersten. —

Die Nahrung der Macrobioten scheint theils vegetabilischer (kleine Algen, Wurzelfasern und andere Pflanzentheile) theils animaler Natur zu sein. Sehr häufig bemerkt man im Darm die unverdauten Reste verspeister Räderthiere, nämlich die Kauapparate

1) Ueber das Nervensystem der Bärthierchen d. Archiv 1. Bd. S. 105 etc.

derselben; einigemal sah ich auch Macrobioten mit angespiessten und fest an den Mundnapf gezogenen Räderthierchen umherlaufen. Keinenfalls scheint die milde Charakteristik, die O. F. Müller von dem Benehmen und der Lebensweise des »kleinen Bären« entwirft[1]) auf alle gleichmässige Anwendung zu finden.

Die wesentlichen anatomischen Verhältnisse sind schon oben in der allgemeinen Charakteristik und in dem systematischen Theil über die Macrobioten dargestellt worden und finden ausserdem in den beigegebenen Abbildungen eine übersichtliche Erläuterung. Ich kann mich desshalb darauf beschränken einige spezielle Beobachtungen mitzutheilen, die zum Theil neue Thatsachen enthalten, zum Theil ergänzend und berichtigend den früheren Beobachtungen dienen sollen.

Die äusseren Körperdecken bestehen, wie schon früher erwähnt, 1. aus einer dünnen glashellen chitinigen, den ganzen Körper meist lose umgebenden Cuticula (Fig. 1), die bei den mehr oder minder häufigen Häutungen abgestreift wird, und zweitens einen darunter liegenden dickern und körnigen mit grossen Platten-Epithelien (Fig. 14) bedeckten Corium, das zu gleicher Zeit der Träger der Körperfarbe ist (siehe oben S. 118 unter M. Oberhäuseri). An der Innenhaut dieser zweiten Hautschicht befestigen sich die den Körper vielfach durchkreuzenden Muskeln[2]).

Das Blut circulirt frei und unregelmässig ohne Gefässe und Pulsationen (siehe ob. S. 114) im Körper. Die grossen granulirten Blutkugeln bestehen aus einer hellen, homogenen und membranlosen Grundsubstanz, mit zahlreich eingebetteten dunkeln und glänzenden Körnchen. Da jene verkittende Grundsubstanz ziemlich weich ist und jedem Drucke nachgiebt, so nehmen die Blutkörperchen, wenn sie im Körper umhergetrieben werden und auf Hindernisse stossen

---

1) Fuessly' Archiv der Insektengeschichte 6. Heft S. 28. Müller berichtet unter Anderen in naiver Weise: „Von der ähnlichen Gestalt erhielt diess Thierchen den Namen eines Bären, und dieser Name brachte es in den Ruf der Gefrässigkeit und der Raubbegierde, allein man schloss mit Unrecht vom ersten Ansehen und vom Namen auf die inneren Eigenschaften. Der kleine Bär ist ein schwerfälliges, kaltblütiges und sanftes Thierchen; er lässet die Mitbewohner seines Tropfens mit gleicher Gleichgültigkeit als der Löwe das Hündchen um und an sich fahren“ etc.

2) Eine vollständige und äusserst sorgfältige Darstellung und Abbildung des ganzen Muskelsystems hat Doyère in seiner bekannten Monographie (S. 337 Pl. 17—19) gegeben. Vergl. auch d. Archiv Bd. I S. 112.

die mannigfachsten Formen und Figuren an. In vollkommener Ruhe und aus dem Körper entfernt sind sie kugelig. Bloss bei einer Macrobioten-Art nämlich bei M. macronyx habe ich einigemale eine ganz abweichende Form der Blutkörper angetroffen. Hier waren sie alle länglich (Fig. 17a) und füllten den Innenraum des Leibes so an, dass eine Circulation nur in ganz beschränktem Maasse möglich war. Ich hielt dieselben anfangs für andere Gebilde, fand aber kein einziges kugeliges Blutkörperchen von der gewöhnlichen Gestalt dazwischen, so dass ich annehmen muss, dass sie die Stelle der letzteren vertreten. Für die Ursache und Bedeutung dieser so veränderten Form und Grösse (sie sind bis 0,05 Mm. lang und 0,012 Mm. breit) habe ich keine Erklärung, da ich nicht anzunehmen vermag, dieselben seien durch gegenseitigen mechanischen Druck allmählig aus der runden in die längliche Form übergegangen.

Im gewöhnlichen Verhalten lassen die Blutkörper schwer im Innern einen Kern erkennen. Im Zustande der Erstarrung durch die Einwirkung des luftleeren Wassers aber erkennt man gewöhnlich leicht einen, zuweilen 2—3 Kerne (Fig. 17).

Amöboide Bewegungen der Blutkörperchen habe ich häufig in dem oben erwähnten Zustande der Erstarrung beobachtet und zwar am schönsten auf dem Punkte, wenn die Asphyxie durch die Einwirkung der Luft sich zu lösen begann (Fig. 17).

Einer anderen interessanten Beobachtung will ich hier noch erwähnen nämlich dass die Körnchen der Blutkugeln, so lange sie im lebenden Thiere sich befinden, keine molekuläre Bewegung zeigen, selbst nicht im Zustande der Erstarrung, wo sie also vollkommen bewegungslos und sicher hierauf beobachtet werden können. Erst wenn das betreffende Thier abgestorben ist, oder sie aus dem lebendenden Thierkörper entfernt und unter Wasser suspendirt sind, beginnt bald eine sehr lebhafte Molekular-Bewegung. Es muss also hier wohl die eigenthümliche Consistenz der homogenen Grundsubstanz im Leben die tanzende Bewegung der Körnchen verhindern.

In Bezug auf den Verdauungsapparat, der auf Taf. VI sowohl in toto Fig. 1 wie in seinen einzelnen Abtheilungen möglichst genau dargestellt ist, möchte ich hier die Vermuthung aussprechen, dass die grossen zur Seite des Schlundkopfes liegenden Drüsen (Fig. 1, f.) deren Ausführungsgänge, wie ich sicher habe constatiren können, nicht weit hinter der Mundöffnung in die Schlundröhre münden, möglicherweise Giftdrüsen sein könnten. Wie schon oben erwähnt

habe ich einigemale beobachtet, dass Macrobioten Räderthiere angriffen und aufspiessten, wobei es auffiel, dass die letzteren, sobald sich der Mundsaugnapf der Macrobioten an sie festgesogen hatte, sofort bewegungslos und anscheinend todt waren, obgleich die äussere Körperform in keiner Weise alterirt war.

Der Darm der Macrobioten ist mit grossen Zellen ausgekleidet (Fig. 1, 8, 9. G.) an deren Oberfläche sich häufig eigenthümliche krystallinische Bildungen (Fig. 8) zeigen, die ein Abscheidungsprodukt der Zellen zu sein scheinen und nicht aus kohlensaurem Kalk bestehen.

Bezüglich des Nervensystemes freue ich mich als Ergänzung zu meinen früheren Untersuchungen heute eine nicht unwichtige Thatsache hinzufügen zu können: Die Arctiscoiden hatten bisher auch in sofern eine Ausnahmestellung unter den Gliederthieren eingenommen als bei ihnen ein geschlossner Nervenschlundring zu fehlen schien. Es hatte wenigstens bisher nicht gelingen wollen eine über dem Schlunde gelegene und mit dem ersten Bauchganglion in Verbindung tretende Nervenparthie zu erkennen. Immer erneute auf diesen Punkt gerichtete Untersuchungen haben mich nun doch den vermissten Schlundring mit voller Bestimmtheit auffinden lassen, wie ich ihn Taf. VII Fig. 15 und 16 dargestellt habe. Fig. 15 giebt die Ansicht des vollständigen Schlundrings von der Bauchseite des Thieres: Von dem obersten Bauchganglion (f) treten die beiden Commissuren (d) in einem Bogen nach aussen um zu den seitlichen die Augen tragenden Ganglien (b) anzuschwellen. Mit diesen scheinbar kolbenförmigen Anschwellungen (b) endigte nun nach den bisherigen Untersuchungen die ganze Nervenparthie und in der That erscheinen sie auch meist wie abgeschnitten, ohne dass irgend eine weitere Fortsetzung zu sehen wäre. Bringt man das Thier aber unter recht günstigen und klaren Objecten[1]) in eine Seitenlage, so sieht man statt des kolbigen Ganglions ein dreieckiges (Fig. 16), dessen innerer Winkel sich bei genauerer Betrachtung auf der Rückenfläche resp. über den Schlund des Thieres verlängert und in einem blassen Bande zur anderen Seite hinüberzieht, was um

1) Alle diese Untersuchungen können mit Erfolg nur an Thieren vorgenommen werden, die unter dem Einfluss des luftleeren Wassers in einen Zustand vollkommner Erstarrung übergeführt sind (siehe d. Archiv Bd. I S. 105).

so deutlicher wird, wenn man nun die Seitenlage durch vorsichtige und allmählige Verschiebung, um das erfasste Bild nicht wieder zu verlieren, in eine dem Auge zugewandte Rückenlage bringt.

Genug die seitlichen anscheinend bloss kolbigen Anschwellungen umgreifen in ihrer Fortsetzung den Schlundapparat (Fig. 15) und die dort liegenden Muskeln (a) um sich über dem Schlunde durch ein helles Markband (g) zu vereinigen, so dass also das vollständige Gehirn resp. die so zu sagen aufgerollten und in eine Ebene gelegten beiden oberen Schlundganglien mit ihrer sie verbindenden Comissur die Gestalt haben würde, wie ich sie Fig. 16 abgebildet habe. Eine weitere Eigenthümlichkeit bietet unser Schlundring auch dadurch, dass die die obern und unteren Schlundganglien verbindenden Comissuren (Fig. 15 d) auf ihrem Wege beiderseits einen Nerven (d) abgeben, der sich bald gabelig theilt, um sich dann später mit Muskeln zu verbinden.

Bei den Macrobioten sind wie bei Arctiscon Milnei vier Bauchganglien (mit Einschluss des unteren Schlundganglions) vorhanden, die in so fern eine etwas abweichende Form von der, wie ich sie bei Arctiscon Milnei beschrieben habe, zeigen, als bloss an dem vorderen Theil ein Ausschnitt vorhanden ist, während der hintere in gleichmässiger Wölbung sich abrundet. (Fig. 15 f.)

Auch für die peripherischen Nervenausbreitungen kann ich neben den muskulösen Nervenendigungen eine neue Beobachtung mittheilen. Die zweite Hautschicht der Macrobioten besteht, wie schon mehreremale erwähnt, aus grossen Tafelzellen, die besonders auf dem Rücken deutlich hervortreten. An einigen Stellen besonders im oberen Drittheil sieht man auf beiden Seiten des Rückens einen Nerven (Fig. 14) aus der Tiefe hinter Muskeln (a) hervortauchen, der sich in seiner weiteren Ausbreitung zwischen die Grenzen der Epithelplatten hindurchschiebt, nachdem er vorher eine einem Doyère'schen Hügel in gewisser Hinsicht ähnliche Anschwellung (b) erlitten, die den Conturen der Epithelien sich eng anschliesst und dieselben mehr oder minder umgreift. Ein anderer von dieser Anschwellung entspringender Faden geht wiederum in die Tiefe, bildet eine neue Ganglienzelle (c) um dann wieder weiter nicht mehr zu verfolgende Verbindungen einzugehen.

Was schliesslich den Geschlechtsapparat betrifft, so sind die Arctiscoiden, wie wir schon wissen, Zwitter, deren männliche und weibliche Organe über dem Darme nach dem Rücken zu

gelagert sind. Direkt auf dem Darme liegt das unpaare Ovarium (Fig. 1, 8 und 9 h), das an zwei fadenförmigen Ligamenten (Fig. 8 u. 9) beiderseits im oberen Dritttheil des Rückens an der inneren Körperwand befestigt ist. Die Eier sind verhältnissmässig gross (Fig. 1, h) und haben wenn sie abgelegt werden, theils eine glatte, theils eine mit eigenthümlichen Fortsätzen versehene Eischale (Fig. 11 und 12). Diejenigen Arten, die glatte Eier produciren, legen dieselben zu mehreren in ihre abgestreifte äussere Körperhaut, und diese sind Macrobiotus macronyx und M. tetradactylus, von welchem letzteren ein solcher aus der äusseren durchsichtigen Haut bestehender Eiersack mit vier Eiern in Fig. 13 abgebildet ist. Die anderen Arten nämlich M. Hufelandii, Schultzei und Oberhäuseri, haben eine feste, Fortsätze tragende Eischale. Fig. 11 stellt ein reifes Ei von M. Schultzei und Fig. 12 ein solches von M. Oberhäuseri dar.

Ueber dem Ovarium liegt die ebenfalls unpaare Samenblase (Fig. 1, 8 und 9 i) und zu beiden Seiten von derselben die beiden schlauchförmigen Hoden (k), die eigenthümlich geformte schon von Doyère erkannte Spermatozoiden (Taf. VI. Fig. 10) entwickeln. Dieselben sind nämlich mit einem doppelten nach zwei verschiedenen Richtungen ausgehenden fadenförmigen Anhange versehen, und lassen eine auch im Wasser noch anhaltende lebhafte Bewegung erkennen, wobei meistens der eine Anhang zurückgeschlagen wird (siehe die drei ersten Abbildungen von Fig. 10). Der Ausgang der Geschlechtsorgane resp. die mit dem Darm gemeinschaftliche Kloake ist mit einigen Drüsen umgeben (Fig. 8 und 9 l), deren Zahl bei den verschiedenen Arten zu wechseln scheint. Zuweilen wird auch ein kleines meistens allerdings schwer aufzufindendes Copulationsglied (Fig. 9 n) an der Geschlechtsöffnung (m) sichtbar.

Erklärung der Abbildungen auf Taf. III.

Tafel VI.

Fig. 1. Macrobiotus Schultzei in circa 200maliger Vergrösserung.
 a. Die 6 inneren Papillen des Saugmundes.
 b. Chiinige Schlundröhre.
 c. Perforationsmandibeln von kohlensaurem Kalk.
 d. Muskeln zum Hervorstossen der Mandibeln.
 e. Muskulöser Schlundkopf mit den Kauplättchen.
 f. Speicheldrüsen (?).
 g. Magen mit dem Schlundkopf durch einen cylindrischen Oesophagus verbunden.
 h. Ovarium, mit 5 nahezu reifen Eiern und mehreren unreifen Eizellen. An den grossen Eiern hat schon die Bildung der eigenthümlichen höckerartigen Aufsätze der äusseren Eischale begonnen.
 i. Samenblase.
 k. Die Hoden.

Fig. 2. Fusskrallen von Macrobiotus tetradactylus. Jeder Haken ist besonders eingelenkt und beweglich. An der zweiten Abbildung sieht man das feine auf dem Rücken des grössern Hakens befindliche sekundäre Häkchen.

Fig. 3. Fusskrallen von Macrobiotus Hufelandii und Schultzei.

Fig. 4. Krallen und Fuss des letzten Fusspaares am Hinterleib von Macrobiotus macronyx.

Fig. 5. Krallen und Fuss von Macrobiotus Oberhäuseri.

Fig. 6. Schlundapparat von Macrobiotus Hufelandii.

Fig. 7. derselbe „ „ Oberhäuseri.

Fig. 8. Darm und Geschlechtsapparat von Macrobiotus Schultzei in seitlicher Lage.
 g. Darm.
 h. Ovarium mit unreifen Eiern erfüllt. Nach oben die beiden fadenförmigen Ligamente zur Befestigung des Ovariums.
 i. Saamenblase mit Saamenfäden erfüllt.
 k. Die beiden Hoden.
 l. Die Afterdrüsen.
 m. After.

Fig. 9. Darm und Geschlechtsapparat von oben resp. vom Rücken des Thieres gesehen.
Die Bezeichnungen wie bei Fig. 8.

Tafel VII.

Fig. 10. Spermatozoiden von Macrobiotus Hufelandii.

Fig. 11. Ei von Macrobiotus Schultzei.

Fig. 12. „ „ „ Oberhäuseri.

Fig. 13. Abgestreifte äussere Körperhaut mit vier in dieselbe gelegten Eiern von Macrobiotus tetradactylus. In den Eiern sieht man schon den Kauapparat der Embryonen durchscheinen.

Fig. 14. Nervenausbreitung zwischen den Epithelien der zweiten Körperhaut.
- a. Muskeln, hinter welchen der Nerv aus der Tiefe hervorkommt.
- b. Anschwellung an den Epithelien mit der davon ausgehenden Ausstrahlung zwischen die Epithelplatten.
- c. Ganglienzelle eines von der ersten Anschwellung (b) wiederum in das Innere des Körpers dringenden Ausläufers.

Fig. 15. Nervenschlundring von Macrobiotus Hufelandii von der Bauchseite des Thieres gesehen.
- a. Muskeln zu den Seiten des Schlundes gelegen.
- b. Obere Schlundganglien.
- c. Ausläufer des ersten Bauchganglions (unteren Schlundganglions).
- d. Commissur zwischen dem unteren und oberen Schlundganglion.
- e. Seitenast der Commissur.
- f. Unteres Schlundganglion.

Fig. 16. Gehirn von Macrobiotus Hufelandii übersichtlich dargestellt.

Fig. 17. Granulirte Blutkörper von Macrobiotus Hufelandii. Die untere Reihe zeigt solche mit amöboiden Bewegungen.

17a. Veränderte Form der Blutkörper wie sie bei Macrobiotus macronyx zuweilen vorkommen.

Die Trichinen in Bezug auf die Mikroskopie.

Von

V. Hensen.

Durch die wunderbar schnell rings in Deutschland eingeführte mikroskopische Fleischschau ist eine so besondere Phase in der Geschichte der Mikroskope entstanden, dass es wohl gerechtfertigt ist, die Leser dieses, den mikroskopischen Wissenschaften gewidmeten Archivs damit zu beschäftigen. Die Anzahl der in diesem und dem Vorjahr gekauften Mikroskope dürfte nach dem, was ich über die Einfuhr derselben in Holstein allein erfahre, eine sehr bedeutende sein; dem entsprechend wird die Zahl der bis jetzt in Deutschland nur spärlich vertretenen Dilettanten der Mikroskopie rasch wachsen. Wie bedeutend der rein wissenschaftliche Gewinn sein wird, der durch diese etwa erwächst, möge dahin gestellt bleiben, dagegen ist es unzweifelhaft, dass das Ansehen und die praktische Bedeutung des Mikroskops bei einem solchen Verhalten sich bald nach vielen Richtungen hin und für ganz andere Zwecke als die Trichinenfrage (z. B. Waarenkunde, Fälschungen, Zoll) geltend machen muss.

In sofern scheint die mächtige Wirkung der Trichinenfurcht der Beachtung wohl werth.

Was mich jedoch eigentlich zu dieser Besprechung führt ist die Furcht davor, dass ebenso wie seiner Zeit in unserer engeren Wissenschaft ein erhebliches Misstrauen und ein Rückschlag gegen die allgemeine Arbeit mit dem Mikroskop erfolgte, auch eine vielleicht viel stärkere Reaction gegen die jetzt angebahnte allgemeine Aus-

dehnung der Mikroskope erfolgen werde, eine Reaction, die leicht weit intensiver und schwerer ausfallen könnte.

Wenn man beobachtet, was für Mikroskope auftauchen — das eine mit einem Gesichtsfelde, nicht grösser als ein Nadelkopf, das andere so nebelig, als käme es direct aus einem London-Fog, ein drittes von einer Form die den Geduldigsten elend machen kann, so muss man seine Erwartungen sehr herabspannen. Im Allgemeinen dürfte die grosse Mehrzahl der Trichinen-Mikroskope sehr weit unter Mittelmässigkeit stehen, denn die in den Läden verkäuflichen Mikroskope werden in dieser Zeit noch rascher und schlechter verfertigt.

Andererseits ist die Wahl derjenigen, welche die Untersuchungen unternehmen, nicht ohne Bedenken. Wir finden, von den Aerzten abgesehen, Pharmaceuten, Schullehrer, Schlächter und eine Anzahl anderer Personen aus verschiedenen Klassen, die aus Neigung für solche Dinge und wegen des Gewinns sich an die Untersuchung machen. Es ist nicht zu verkennen, dass unter diesen allen sich eine Anzahl findet, die befähigt oder sehr befähigt zu den vorzunehmenden Untersuchungen sind und diese thun sich mit der Zeit hervor, aber von den Unbefähigten werden ebenso sicher Manche sich hervorthun, und die werden der Sache recht schaden.

Dass ich überhaupt Manchen für unbefähigt halte auf Trichinen zu untersuchen, könnte bei der grossen Leichtigkeit der Untersuchung auffallen, jedoch sobald die Untersuchungen zahlreicher werden, können sehr leicht einzelne Würmchen entgehen, namentlich wenn sie noch im Muskeldetritus liegen, und doch wäre ein Bissen solchen Fleisches noch hinreichend gefährlich. Man muss doch eine gewisse Quantität Fleisch untersuchen, ich will sagen ein Gramm, und dies kann nicht in allzu kleine Partikel zerlegt werden, weil man kaum mehr als $^1/_3$ Stunde auf ein Thier wird verwenden können. In solchem Falle muss ich selbst zuweilen, um Gewissheit zu erlangen, die stärkeren Vergrösserungen anwenden und jedenfalls das Fleisch nach der Tiefe durchmustern, kurz ich finde dass es mir nicht völlig leicht ist mit Sicherheit zu sagen »in diesem Fleisch sind keine Trichinen.« Ich fürchte, dass in der Regel die Sache sich weit ungünstiger stellen wird. Wenn man in den mikroskopischen Cursen, von denen sich doch meistens die wenigstbegabten Studenten fern halten, Erfahrungen hat, wird man wissen, wie gross für manchen Menschen die Schwierigkeiten des Mikroskopirens sind; noch

in den letzten Stunden trifft man auf solche, die nicht erkennen, dass ihre Linsen schmutzig sind oder die mit grossem Eifer die Abdrücke ihrer Finger mikroskopiren. Wenn man sieht wie schwierig es oft den Studenten ist, Licht zu finden und mit guten Instrumenten richtig einzustellen, wie soll man dann z. B. von einem Schlächter erwarten, dass er bei schlecht eingerichtetem Mikroskop das Bild deutlich habe und es gar der Tiefe nach durchmustere, er, der mit harten Händen, mit Augen die zu ähnlichen Zwecken nie verwandt wurden, ohnehin nicht immer genügende Präparate sich bereiten wird. Andere Personen, die für Geld untersuchen, werden sich zwar nach einiger Zeit eine gewisse Uebung in der Behandlung des Mikroskops verschaffen, aber sie werden bald rasch untersuchen und werden ohne ein gewisses Talent, unfehlbar unklar vorliegende Kapseln oder Würmer ganz übersehen oder für eine der vielen Figuren halten, die durch Combination von verwirrten Muskeln, Bindgewebe, Gefässen, Fett und Luft sie schon so oft getäuscht haben; um so sicherer je weniger gut das Mikroskop ist.

Diese Ueberzeugung hat sich mir nach einer Reihe von Fleischuntersuchungen und nach der Unterweisung einiger Personen aufgedrängt. Es ist bis jetzt nicht möglich den speciellen Nachweis dafür oder dagegen zu führen, aber ich will daran erinnern, dass die Geschichte der Mikroskopie so reich an relativ groben Irrthümern und Verwechselungen ist, dass man schon dadurch allein zur äussersten Vorsicht in dieser Sache gemahnt wird.

Es ist natürlich sehr leicht diese Mängel aufzudecken, sehr schwer, und nur nach vielen Erfahrungen ist es möglich, dieselben zu bessern. Meiner Meinung nach müsste von Allen die auf Trichinen untersuchen wollen, der Besitz eines guten Mikroskops gefordert werden; es müsste mit Schraube oder Trieb versehen sein, die schwächere Linse sollte etwa dem älteren System (a tube) Nr. 4 von Oberhäuser an Güte entsprechen, ein wirkliches Gesichtsfeld von 2½—3 mm. haben und die Streifen der keilförmigen Schuppen von Lepisma sacharinum lösen, die stärkere Linse dürfte dessen System Nr. 6 entsprechen ¾—1 mm. Gesichtsfeld haben und müsste die Muskelstreifung sehr deutlich zeigen. Von den Untersuchern müsste mindestens verlangt werden, dass sie, abgesehen von den Trichinen, Präparate von Muskeln und deren Ansätzen, so wie Rainey'scher Körperchen liefern. Besser aber würde noch eine gewisse praktische Kenntniss der Histiologie verlangt;

eben so wenig wie Steuerleute Astronomen sind, würde man sie dadurch zu Anatomen gemacht haben.

Auf letztere Prüfung lege ich im Einzelnen natürlich kein Gewicht, wohl aber auf das über Mikroskop und Persönlichkeiten gesagte. Die Klippe an der die ganze Bewegung in der Trichinenfrage scheitern könnte, ist in Wahrheit nur die, dass mit Hülfe von Beispielen nachgewiesen werden könnte, wie die mikroskopische Untersuchung gar so wenig helfe.

Die Einrichtungen für die Trichinenuntersuchungen sind zur Zeit freilich schon weit vorgeschritten, aber sie füllen doch nur spärliche Maschen in dem weiten Netz selbst dieses Zweiges der angewandten Mikroskopie aus. Grössere Schlächtereien, wo wie z. B. in Altona 1000 Schweine die Woche geliefert werden, entziehen sich den Untersuchungen noch völlig. Es dürfte daher immer noch an der Zeit, oder gerade jetzt die Zeit sein, wo eine gewisse Einheit in dem Sinn und den Bestrebungen der Mikroskopiker förderlich wäre. Deshalb habe ich mir die Besprechung erlaubt, ohne in der That meine Ansichten schon für genügend geläutert zu halten.

Vorstehenden vor zwei Monaten eingesandten Bemerkungen kann ich jetzt noch Einiges hinzufügen.

Hier in Holstein ist die Trichinenschau mittlerweile eingeführt worden. Jeder der im Stande ist das Mikroskop zu behandeln und ein Trichinenpräparat anzufertigen, ist zur Trichinenschau legitimirt; doch muss vorher sein Mikroskop durch den Medicinalinspector geprüft sein. Es wird verlangt a) ein schwaches System von 40—50facher Vergrösserung, mit einem wahren Gesichtsfelde von 2 bis $2^1/_2$ Mm., der Abstand vom Objecte soll mindestens 5 Mm. betragen. Das System soll die Streifung der gröberen Schuppen von Lepisma bei grader Beleuchtung lösen können; b) ein stärkeres System Vergr. 140—200 Gesichtsfeld $^3/_4$ Mm., Objectabstand $^1/_2$ Mm. mindestens. Als Leistung ward verlangt die Schrägstreifung der Schuppen oder die Querstreifung der Muskeln in deutlichem Bilde, statt dessen wird jedoch die Lösung der feinsten Schuppen von Lepisma als besseres Prüfungsmittel vorgezogen; c) ein Apparat zur Feinstellung.

Ich habe durch die Güte des Medicinalinspectors Dr. Bockendahl Gelegenheit gehabt etwa 60 solcher kleinen Mikroskope zu prüfen. Die Firmen der meisten Mikroskope liessen sich nicht ermitteln, es waren abgesehen von Benêche, Emmert und Schröder,

etwa 9 verschiedene Fabrikate vertreten, die in der Form sehr von einander abwichen. Der Preis betrug im Durchschnitt 20 Thaler. Meistens war nur ein System, bestehend aus 2 oder 3 Doppellinsen vorhanden, wo dann die einzelne Linse für die kleine Vergrösserung diente. Die Vergrösserungen waren sehr verschieden, doch blieben sie meistens unter 200. Ein System hatte beispielsweise: die einzelnen Linsen 36, 42 und 50. Zwei Linsen 90, drei Linsen 110 bis 120 zur Vergrösserungszahl. Für die Feinstellung diente meistens ein Trieb oder eine Mohl'sche federnde Platte. Letzterer Apparat, der sich durch die Leichtigkeit seiner Herstellung und seine Dauerhaftigkeit auszeichnet, empfiehlt sich nicht für so kleine Vergrösserungen. Bei den meist kleinen Tischen werden nämlich die Excursionen, welche eine Schraubendrehung hervorbringt, allzu unbedeutend.

Von den 60 Mikroskopen mussten etwa 10 zurückgewiesen werden, und zwar die meisten weil die kleine Vergrösserung die Schuppen nicht löste, bei dreien genügte auch die stärkere Vergrösserung nicht den Anforderungen. Es zeigte sich, dass solche Mikrokospe selbst die Trichinenkapseln zu undeutlich zeigten, um mit ihnen sicher nach solchen zu suchen. Die übrigen Mikroskope genügten und zeigten zum Theil sehr gute Bilder. Die Objectdistanz war immer ausreichend gross, dagegen war der Durchmesser des Sehfeldes sehr häufig unter der verlangten Grösse, während doch andere noch bei einem Sehfeld von 4 Mm. die gröberen Schuppen lösten. Ueber Chromasie war im Ganzen nicht zu klagen, dagegen war das Bild häufig sehr uneben und verzerrt, bei einzelnen Linsen vergrösserte die eine Hälfte der Linse bedeutend stärker wie die andern. Aeltere Mikroskope kamen fast gar nicht vor, da man wohl davon abstand sie einzusenden. Am besten war von den Trichinenmikroskopen eins von Schröder, welches mit einem System bei 90facher Vergrösserung den Anforderungen entsprach. Ausserdem waren pariser Mikroskope, von Gabory in Hamburg geliefert, sehr gut, sowohl im optischen als auch mechanischen Theil; der Tubus ist mit der Hand verstellbar und ausserdem mit Trieb versehen, der etwas schmale Tisch lässt sich zugleich mit dem Mikroskop horizontal neigen.

Dieser kurze Bericht wird genügen, einen kleinen Ueberblick über dies Feld der mikroskopischen Technik zu gestatten.

Da hier fast Jeder sich die Berechtigung zur Trichinenschau erwerben kann, ist die Folge, dass wo Concurrenz ist, die Aerzte zunächst von der Untersuchung ausgeschlossen werden, weil bei demjenigen untersucht wird, der am weitesten unter die Taxe herabgeht. Es lässt sich noch nicht übersehen, wie die Sache unter diesen Verhältnissen verlaufen wird.

Ueber die Erzeugung von rothen Blutkörperchen.

Von

Prof. von Recklinghausen.

(Vom Verfasser mitgetheilt aus der neuen Würzburger Zeitung vom 13 März 1866. Sitzung der physikalisch-medizinischen Gesellschaft am 3. März 1866.)

Herr v. Recklinghausen theilt der Gesellschaft Versuche mit, welche er über die Erzeugung von rothen Blutkörperchen ausserhalb des thierischen Organismus angestellt hatte.

Die Körperchen der Lymphe des Frosches bleiben auch bei mehrtägiger Aufbewahrung in einer neu construirten mikroskopischen feuchten Kammer noch gut contraktil, sind aber weder durch Gase, noch durch Ozon oder den elektrischen Strom zu färben. Terpentin ruft eine Bräunung der kleinen Körnchen in ihnen hervor, Kampher, ebenso Lebersubstanz und Gallensäure bewirken äusserst starkes Auswachsen ihrer Fortsätze.

Fing Vortragender dagegen Froschblut in geglühten Porzellanschälchen auf und brachte dasselbe in ein grosses Glasgefäss mit feucht gehaltener, täglich erneuerter Luft, so konnte er nach 11—21 Tagen neugebildete rothe Blutkörperchen nachweisen. Das geronnene Blut löst sich wieder im Verlaufe von 24 Stunden, wenn es dem atmosphärischen Sauerstoff zugänglich ist, bleibt ungelöst, wenn eine hinreichende Menge (über 20 pCt.) Kohlensäure in dem Luftraum des Glasgefässes vorhanden ist. In dem wieder gelösten Blute bilden sich am 3. bis 4. Tage unmittelbar auf der abgesetzten

Schichte der rothen Blutkörperchen kleine weisse Punkte, welche an den folgenden Tagen zu platten Inseln bis zu einem Durchmesser von 4 Mm. wachsen und aus farblosen stark contraktilen Zellen bestehen. Ausserdem finden sich in diesen Inseln, weit zahlreicher aber in der unteren Serumschicht zerstreut spindelförmige farblose Zellen; anfangs klein, wachsen sie vom 4. bis 8. Tage oft bis zur Grösse der rothen Blutkörperchen, nehmen dabei auch die platte elliptische Gestalt derselben an und ihre Zellsubstanz, welche anfangs schwach punktirt und ziemlich glänzend war, wird glatt und homogen, die Begrenzungslinie vollkommen scharf. Ausserdem sind sie jetzt resistenter geworden, während sie früher schon in Folge leichten Druckes aus der elliptischen Form in eine eckige leicht zurückkehren. Zwischen den spindelförmigen und elliptischen Gestalten gibt es allerhand Zwischenformen. Derartige elliptische und spindelförmige Zellen von der verschiedensten Grösse waren es nun, welche, wie erwähnt, unter günstigen Umständen deutlich die Färbung der gewöhnlichen rothen Blutkörperchen angenommen hatten und mussten namentlich desshalb als neugebildete angesehen werden, weil in ihrer Zellsubstanz noch einzelne kleine Pünktchen restirten, ferner ihr Kern stark punktirt im Gegensatz zu dem homogenen (Sauerstoffwirkung) Kern der alten rothen Blutkörperchen erschien.

Jene Inseln werden am grössten bei Anwesenheit einer gewissen Kohlensäuremenge, dagegen die ovalen Uebergangszellen bilden sich am reichlichsten bei reichlichem Sauerstoffzutritt. Zu reichliche Kohlensäure bewirkt Vacuolenbildung in den rothen Blutkörperchen, bei starken Graden einen körnigen Niederschlag in ihnen, ferner entstehen in den farblosen contraktilen Zellen bei Anwendung einer reichliche Kohlensäure (über 20 Volumprocente) enthaltenden Atmosphäre Fetttröpfchen ohne Veränderung der contraktilen Phänomene. Die Fetttröpfchen wachsen im Verlaufe einiger Tage bis zur Grösse der Zelle selbst.

In jenen Glasgefässen gelang es, das Blut ausserhalb des Thieres bis zu 35 Tagen aufzubewahren, ohne dass Fäulniss, Pilz- oder Vibrionenbildung eintrat. Es entwickeln sich dann ausser den bereits erwähnten Formen noch andere. Zunächst treiben schon in den ersten Tagen die körnigen farblosen Blutkörperchen pistillartige, vollständig homogene, glänzende Fortsätze, welche sich alsbald ablösen, an ihren Enden ausserordentlich feine, sehr lange und gradlinige, bisweilen mit Körnchen besetzte Fortsätze ausschicken; der

Körper wächst, wird meist spindelförmig, stärker glänzend, am stärksten das Knopfende, welches anscheinend einen Kern darstellt. Wahrscheinlich nehmen auch diese eigenthümlichen Zellen später den Ton der rothen Blutkörperchen an.

Endlich wachsen besonders in den Inseln die contraktilen Zellen zu enorm grossen, immer noch mit contraktilen Fortsätzen besetzten Kugeln, diese sind oft sehr stark punktirt, entwickeln ab r in sich homogene glänzende Kugeln (endogene Zellen?) bis zu 40 Stück; ein Theil dieser Kugeln hat rothe Blutkörperchen und Bruchstücke derselben aufgenommen.

Liess endlich Vortragender Blut, wo möglich mit Lymphe verdünnt, in jenen mikroskopischen feuchten Kammern gerinnen, so sah er dabei unter dem Mikroskope die Fibrinfäden radienartig von verschiedenen Stellen ausstrahlen. Diese Knotenpunkte enthielten jedesmal eine eigenthümliche, blasse, relativ kleine Zelle. Lag ein rothes Blutkörperchen derselben unmittelbar an, so traten an der Oberfläche des letzteren Einziehungen auf, schliesslich aber eine Spaltung in zwei häufig ungleiche Hälften — nach v. Recklinghausen's Meinung wohl nicht durch Abschnürung von aussen mittels der sich contrahirenden Fibrinfäden, sondern durch einen innern Vorgang bedingt, welcher durch die anliegende farblose Zelle erregt ist. Vortragender schlägt vor, diese Wirkung einer Zelle auf eine andere eine Conjugation zu nennen. Solche halbe, rothe Blutkörperchen schwimmen auf dem Froschblut nach Aufbewahrung in den Porzellanschälchen umher und sitzen besonders zahlreich in der Peripherie jener Inseln. Den angeführten Gerinnungsvorgang und die Conjugation findet man noch oft in 6—8 Tage lang aufbewahrtem Blut, welches, wie gewöhnlich, vollständig gelöst ist, Vermischung des Blutkörperchensedimentes mit dem darüber stehenden Serum gibt bisweilen Gerinnung. Von den erwähnten neu sich bildenden Zellen konnte Vortragender nur die Reihe der ovalen Zellen im Blute des Frosches nachweisen, wenn Regenerationsvorgänge darin in Folge einer Blutentziehung eingetreten waren.

Kleinere Mittheilungen

von

Max Schultze.

1. Reichert und die Gromien.

Reichert ist wieder auf die Polythalamien-Jagd gegangen und hat diesmal meinen wiederholten Aufforderungen zu Folge der Gromia oviformis nachgestellt. Das Glück scheint ihn auch begünstigt zu haben, wenigstens lautet die lange Ueberschrift einer in der Sitzung der Akademie der Wissenschaften zu Berlin am 10. Aug. v. J. gelesenen und in dem betreffenden Monatsbericht p. 491 abgedruckten, später wörtlich in dem von Reichert und du Bois Reymond herausgegeb. Archiv f. Anatomie und Physiologie 1865, p. 749 reproducirten Abhandlung: »Hr. Reichert las über die contractile Substanz — Sarcode, Protoplasma — und deren Bewegungserscheinungen bei Polythalamien und einigen anderen niederen Thieren. — I. Ergebnisse aus den mitgetheilten Beobachtungen über die morphologische Beschaffenheit und über die Bewegungserscheinungen der contractilen Substanz bei den Polythalamien (Gromia oviformis). Hiernach erscheint Gromia oviformis, als Apposition zu dem Worte Polythalamien, diesmal sogar das einzige Opfer Reichert'scher Wissbegierde gewesen zu sein. Wie reichlich das interessante Thier dem Forscher zu Gebote gestanden und an welcher Meeresküste er beobachtet hat, unterlässt er freilich zu melden, was aus mancherlei Gründen bedauerlich ist. Ob dann Gromia oviformis schlechthin als Vertreter und als Paradigma für die »morphologische Beschaffenheit« der Polythalamien gelten könne, mag Reichert vertheidigen. Bekanntlich gehört Gromia nach den her-

gebrachten systematischen Bestimmungen zu den Monothalamien. Doch dergleichen genirt den von zoologischer Systematik bis dahin unberührt gebliebenen Berliner Morphologen nicht.

Gromia oviformis, wie wir sie bis jetzt allein nach Dujardin's und meinen Beschreibungen kennen, ist ein ziemlich vielgestaltiges Rhizopod. Kuglig, eiförmig, flaschenförmig mit längerem oder kürzerem Hals; hellgelb, röthlich, rothbraun, schwarzbraun; durchsichtig oder undurchsichtig; das sind verschiedene, an verschiedenen Lokalitäten von mir beobachtete Variationen, welche wie ich in meiner Monographie »der Organismus der Polythalamien etc.« p. 54 ausgeführt habe, vorläufig noch unter einem Speciesnamen zusammengefasst blieben, möglicher Weise aber in verschiedene Spezies zu zertheilen sind, Man sollte hiernach erwarten, dass Reichert bezüglich der von ihm beobachteten Exemplare irgend etwas die Gestalt, die Farbe, die Durchsichtigkeit Betreffendes mittheile. Nichts von dem. Er geht seinen eignen Weg, er hat seine eigene Sprache, Alles anders wie bei einem Naturforscher des 19. Jahrhunderts. Nicht einmal eine Spur von Beweis, dass er wirklich Gromia oviformis beobachtet hat, dabei aber die grösste Zuversicht, das was er bei seinen Gromien gesehen nicht nur für andere Gromien, sondern sogar für alle Polythalamien Geltung habe.

Der Zufall hat es gewollt, dass ich unmittelbar vor der Veröffentlichung der Mittheilungen Reichert's Gelegenheit hatte, eine sehr grosse Zahl von Gromien zu beobachten. Es war zu Ostende im August und Anfang September v. J. Dieselben grünen Oscillarienklumpen, in welchen die in einem früheren Aufsatz von mir besprochenen lebenden Pleurosigmen vorkommen, und welche einem der Austernparks und zwar dem am Hafen unweit des Aufgangs zur Estaccade gelegenen entnommen wurden, beherbergten zu der genannten Zeit auch grosse Mengen von Gromien. Ich habe keinen Grund dieselben von Gromia oviformis specifisch zu trennen, doch zeichneten sie sich vor allen von mir früher beobachteten Exemplaren durch ihre vollkommene Farblosigkeit und Durchsichtigkeit aus. Ich will sie als Gromia oviformis *var.* hyalina bezeichnen.

Zunächst hebe ich hervor, dass diese Gromien sämmtlich Kerne von der Art besassen, wie ich sie bei den gelben und rothen Gromien des Mittelmeeres früher beobachtet, beschrieben und abgebildet habe. Dieselben waren wie auch in den früheren Fällen leicht wahrzunehmen, entweder sogleich, oder bei Anwendung eines geringen

Druckes durch ein Deckgläschen, in ihrer Grösse und Zahl, wie wir näher hören werden, zwar schwankend, in Bezug auf Gestalt, Consistenz, Lichtbrechung und feinere Structur jedoch von grosser Regelmässigkeit, und wieder genau übereinstimmend mit dem, was ich früher von diesen von mir für Gromia oviformis charakteristisch erklärten Kernen berichtet habe. Ich stelle dies in den Vordergrund, da Reichert gleich im Eingange seiner Abhandlung sagt: »Bläschenförmige Körper von der Grösse und Beschaffenheit, wie sie M. Schultze „Ueber den Organismus der Polythalamien u. s. w. S. 21" beschreibt und Taf. I Fig. 6, Taf. VII, Fig. 10 und 12 zeichnet« (es sind das die von mir Kerne genannten Gebilde, die ich als zähe Kugeln bezeichne und mit den Kernen anderer Protozoen vergleiche [1])) wurden nicht beobachtet. Ob die von diesem Naturforscher nicht beschriebenen scheinbaren Vacuolen der contractilen Rindensubstanz zur Auffassung dieser bläschenförmigen Körper geführt haben, oder ob ich bisher nicht so glücklich gewesen bin, Thiere mit wirklichen in der centralen Leibessubstanz gelegenen Bläschen zu erhalten, darüber mögen weitere Forschungen entscheiden.« Es lässt sich vermuthen, dass Reichert die Stelle welche er citirt, auch gelesen und die Abbildungen welche er nennt, auch angesehen hat. Unter diesen Umständen wäre es abgeschmackt, daran zu denken, dass derselbe im Ernste an eine Verwandtschaft seiner scheinbaren Vacuolen (wie er sie uns weiter unten p. 494 genauer definirt: mit Meerwasser erfüllte Alveolen in der Rindensubstanz des Thieres dicht unter der Schale) und meiner Kerne geglaubt habe. Denn letztere liegen tief im Innern des Körpers, sind isolirbare zähflüssige Kugeln, und enthalten zahlreiche kleine blasse Bläschen, die durch Essigsäurezusatz etwas schärfere Contouren annehmen (loc. cit. p. 21). Man begreift, dass es keiner weiteren Forschungen bedurfte, um die gänzlich alberne Vermuthung Reichert's in ihr Nichts zurückzuweisen. Da ich aber in den Stand gesetzt bin, Bebachtungen über die Kerne von etwa 100 Gromien meinen früheren hinzuzufügen, so ergreife ich die Gelegenheit dies hier zu thun. Der Grund meiner Forschungen war selbstverständlich nicht der, bloss die Anwesenheit der Kerne zu constatiren, denn diese waren mir als etwas Constantes bereits von früher her bekannt, sondern

1) Ich erwähne diese Kerne später auch noch in meinem Aufsatz über die Fortpflanzung der Polythalamien (Müller's Archiv 1856, p. 169).

über ihre physiologische Bedeutung Aufschluss zu gewinnen. Es handelte sich also zunächst darum, die Verschiedenheit derselben in Zahl, Grösse und feinerer Structur, sodann das Verhältniss ihrer Grösse zu der des ganzen Thieres bei einer Anzahl Exemplare zu ermitteln. Dabei stellte sich Folgendes heraus:

1) die Grösse der Gromien variirte zwischen Durchmessern von 0,33 bis 0,06 Mm.

2) Die Zahl der Kerne kann sehr ansehnlich sein. Während in den bei weitem meisten Fällen nur 1 Kern vorhanden war, kamen mehrere Exemplare mit 2 und mit 4 Kernen vor, einmal 5, worunter ein grosser und 4 kleinere, ferner mehrere mit 16 und 20 Kernen, und eins mit 58—60 kleineren und 1 grösseren.

3) Die Zahl der Kerne steht mit dem Durchmesser der Gromien in keinem bestimmten Verhältniss, die Grösse insofern als wenn nur ein Kern vorhanden, dieser in den grossen Gromien gross in den kleinen klein ist. Ich theile um dies zu erhärten eine kleine Tabelle von Maassen mit, welche ohne bestimmte Auswahl genommen wurden und in welcher die Gromien nach ihrer Grösse geordnet sind.

Gromia oviformis *var.* hyalina (Ostende).

Durchmesser des ganzen Thieres.	Zahl der Kerne.	Durchmesser der Kerne.
0,33 Mm.	1 grosser 4 kleine	0,06 Mm. 0,026 »
0,33 »	1 grösserer 58—60 kleinere	0,04 » 0,02 »
0,29 »	1	0,077 »
0,284 »	2	0,054 »
0,28 »	2	0,047 »
0,26 »	2	0,049 »
0,26 »	1	0,045 »
0,26 »	4	davon 1=0,047 Mm. » 2=0,040 » » 1=0,026 »
0,112 »	1	0,040 Mm.
0,10 »	1	0,035 »
0,094 »	1	0,022 »
0,08 »	1	0,022 »

Bezüglich der Zahl der Kerne geht aus vorstehender Tabelle hervor, dass die meisten in grossen Gromien gefunden wurden, und

dass die kleinsten Thiere immer nur einen Kern beherbergten. Aber auch grosse zeigen oft nur einen, mittelgrosse mehrere Kerne. Zwei Kerne in einer Gromie pflegen gleich gross zu sein, bei mehr wie zwei pflegt einer an Grösse zu überwiegen, während die anderen alle ganz oder nahezugleich sind. Höchst wahrscheinlich gehen die Kerne durch Theilung auseinander hervor. Dabei würden dann die Theilproducte gleicher Ordnung einander an Grösse gleichen. Bleibt aber ein Kern in der Theilung zurück, so wird er später die andern an Grösse übertreffen.

Die Kerne besitzen auch eine schon früher von mir erläuterte feinere Structur. Sie bestehen aus kleinen, blassen, homogenen Kugeln oder Bläschen, die man ohne Zusatz von Reagentien wahrnimmt, deren Grösse innerhalb eines und desselben Kernes, auch in den mehrfachen gleichgrossen Kernen desselben Thieres die gleiche, sonst aber manchen Schwankungen unterworfen ist. Ich habe diese innere Structur, auf deren weiterer Entwickelung diejenigen Metamorphosen des Kernes beruhen müssen, welche ihn seinem endlichen Schicksal entgegenführen, mit Aufmerksamkeit studirt. Jedenfalls gehört eine Beobachtung der Gromien in verschiedenen Jahreszeiten dazu, um die ganze Entwickelungsreihe der Kerne zu ergründen. Die von mir beobachteten Verschiedenheiten beziehen sich zunächst auf die Grösse der inneren Kugeln, welche in Durchmessern von 0,001 Mm.—0,0045 Mm. schwanken. Ich nenne Kerne mit jenen, feinkörnige, mit diesen, grobkörnige, und eine mir öfter vorgekommene Mittelstufe mit Körnchen von 0,0027 Mm. mittelkörnige. Kerne dieser drei verschiedenen Sorten können die gleiche Grösse haben, und die kleinsten wie die grössten fand ich bald grob- bald fein- oder mittelkörnig. In einem Falle habe ich keine Structur in dem Kern entdecken können, es war das der in obiger Tabelle an letzter Stelle verzeichnete. Nicht immer füllen die blassen Kugeln den Kern ganz vollständig aus, die Menge der hyalinen Zwischensubstanz ist Schwankungen unterworfen, und kann einen beträchtlichen Raum im Kern einnehmen. Für gewöhnlich nimmt man keine Spur von doppelten Contouren an dem Kern wahr. In einem ganz frischen Falle war eine Doppelcontour aber auf das deutlichste vorhanden. Essigsäurezusatz zu den Kernen bringt immer ein solches Ansehn hervor, wobei die inneren Kernchen ebenfalls dunkler werden. Ein ungewöhnliches Ansehn bot ein Kern, der einzige einer kleinen Gromie, insofern dar als

derselbe aus einer hellen Rinde mit wenigen, und einem undurchsichtigeren Kern mit vielen Körnchen bestand. Endlich muss ich noch erwähnen, dass ich bei den Versuchen die Structur der Kerne bis in ihr Centrum zu verfolgen bei einzelnen ganz feinkörnigen auf Bilder stiess, welche mir es wahrscheinlich machten, dass dieses Centrum von einer grösseren hellen Kugel eingenommen sei, in deren Innerm wieder ein glänzendes Körperchen lagerte. Wenn ich mich nicht täusche, so hätten wir es hier mit einem Gebilde zu thun, welches aus einer halbdurchsichtig feinkörnigen zähflüssigen Hauptsubstanz, und einem hellen Kern mit Kernkörperchen bestand, also einen Bau besass, dass wir nicht anzustehen hätten, dasselbe für eine Zelle zu erklären. Es leuchtet ein, dass falls sich dieser Bau weiter bestätigen sollte und wenn der Kern der Fortpflanzungskörper der Gromie ist, ein wichtiger Schritt weiter in der bis dahin noch so dunkeln Entstehungsgeschichte der Rhizopoden gethan wäre.

So schliesse ich denn meine Rechtfertigung der Kerne der Gromien, zu der mich Reichert provocirt, und hoffe er wird sich dabei recht lebhaft alle Eigenthümlichkeiten seiner mit Meerwasser (sic) gefüllten Vacuolen — nein scheinbaren Vacuolen (!) ins Gedächtniss zurückgerufen haben. Denn wie er dieselben mit meinen Kernen verwechseln konnte, ist noch Nichts weniger als aufgeklärt.

Unsere Gromien von Ostende haben die schätzenswerthe Eigenschaft vollkommener Farblosigkeit, und dies setzt uns in den Stand ihr Inneres in befriedigendster Weise während des Lebens zu studiren. An dem Reichert'schen Schema einer Polythalamie sind sie freilich, wie sich herausstellt, unschuldig. Gleich zuerst fällt uns eine höchst sonderbare aber durchaus constante Bewegung des Innern der Gromie auf, welche den ganzen Schaleninhalt gleichmässig betrifft und mit der Bewegung der ausserhalb der Schale in Pseudopodien zertheilten Masse in unmittelbarem Zusammenhange steht. Während mehrfache Ströme aus- und eintretender Protoplasma- (Sarcode) Massen die Schalenöffnung erfüllen ist das Innere der Schale von einer zwar dichtkörnigen aber nicht undurchsichtigen Masse erfüllt, die sofort als derjenige Stoff erkannt wird, aus welchem die austretenden Massen sich ablösen und zu welchem sie auch wieder zurückkehren. Denn nicht nur gleicht die ausserhalb der Schale die Wurzel der Pseudopodien bildende Substanz in jeder

Beziehung dem Inhalte der Schalen, sondern auch die **Bewegung** der aus- und eintretenden Massen lässt sich ungeschwächt bis in die centralen Theile des Thierkörpers verfolgen. So entsteht in dem letztern aus den aneinander hinziehenden, sich aneinander verschiebenden und endlich ineinander übergehenden Strömen eine wogende Bewegung, welche das Merkwürdigste ist, was man sehen kann. Kein Theil der inneren Masse des Körpers liegt dauernd in Ruhe. Nicht nur die feinkörnige Masse wallt durcheinander, auch die aufgenommenen Nahrungsbestandtheile nehmen an der Bewegung Theil, indem sie wie auch der einfache oder die mehrfachen **Kerne** bald rechts-, bald linksrum rotiren, bald auch hier und dorthin ihre Stelle ändern. Um den Weg, den einzelne Körnchen beschreiben, besser verfolgen zu können, mischte ich dem Wasser, in welchem ich die Gromien mit ihren ungemein lebhaft bewegten Pseudopodien unter dem Mikroskope beobachtete, Carminkörnchen bei. Sogleich wurde derselbe von den Pseudopodien aufgenommen und nach kurzer Frist gelangte ein Theil desselben in das Innere des Körpers, und wurde nun hier nach allen Richtungen hin und her gewälzt, so dass man Mühe hatte durch Heben und Senken des Tubus den einzelnen Körnchen zu folgen. Bald häufte sich derselbe der Art im Innern an, dass jetzt der ganze Körper eine wogende rothe Masse schien.

Stellen wir nun neben diese Thatsachen einige der Hauptsätze, welche Reichert aus seinen Beobachtungen an Gromia oviformis ableitet:

»An dem Polythalamienkörper sind, abgesehen von der Schale, zwei Bestandtheile zu unterscheiden: die contractile Leibessubstanz und der die centrale Masse des Körpers bildende, farblose und gefärbte Körperchen, auch Bläschen führende Bestandtheil.«

»Die contractile Leibessubstanz bildet die den centralen bläschenführenden Bestandtheil umgebende Rindenschicht des weichen Polythalamienkörpers.«

»Die contractile Rindensubstanz des Polythalamienkörpers ist im Ruhezustande, auch mit Hülfe des Mikroskopes, als gesonderter Bestandtheil nicht zu erkennen; sie ist eine so dünne Schicht, dass sie im optischen Querschnitt bei der Dicke des Polythalamienkörpers und der scheinbar formlosen, centralen bläschenführenden Leibessubstanz nur als Grenzlinie der letzteren und nicht doppelt contourirt sich darstellt.«

»In Betreff der Bewegungserscheinungen des Polythalamienkör-

pers, welche mit der Contractilität der Rindensubstanz in Verbindung zu bringen sind, unterscheide ich active und passive. Zu den passiven gehören die Verschiebungen und oft scheinbaren Rotationen der centralen bläschenführenden Leibessubstanz in Folge von peristaltisch vorrückenden Einschnürungen des contractilen Mantels, und die Ortsveränderungen des Gesammtkörpers. Alle activen Bewegungserscheinungen geben sich durch allgemeine oder locale Veränderungen in der äussern Form und morphologischen Beschaffenheit der contractilen Rindensubstanz selbst zu erkennen.« Dahin gehören vor allen Dingen die Pseudopodien.

Die angeführten Stellen genügen um Reichert's Auffassung des Körpers der Gromien und wie er sich ausdrückt der Polythalamien zu charakterisiren. Derselbe soll ausser der Schale aus einer contractilen Rinde von sehr geringer Mächtigkeit, einer »contractilen Membran« wie dieselbe p. 494 an zwei Stellen genannt wird, und aus einer nicht contractilen bläschenführenden Hauptsubstanz bestehen. Beide werden streng von einander geschieden. Die centrale bläschenführende Masse soll an der contractilen »passiv verschoben« werden (p. 493), nie aber selbst sich bewegen können. Die eine umhüllt die andere als eine verschwindend dünne Schicht, die zwar partielle Verdickungen eingehen kann, gewöhnlich als »gesonderter Bestandtheil« aber nicht zu erkennen ist. Die Hauptfunction dieser »contractilen Membran« des Gromienkörpers ist die, die Pseudopodien zu liefern.

Unsere Gromien zeigen die gänzliche Haltlosigkeit aller dieser Behauptungen. Das ganze Innere ist der gemeinschaftliche Mutterboden für die auszustreckenden Pseudopodien, also das ganze Thier ist contractil, nicht eine auf seiner Oberfläche supponirte Membran. Passiv bewegt wird der Kern, werden die Nahrungsballen und was sonst da oder dort von Einlagerungen in die contractile Masse vorkommt. Aber die Grundmasse des Körpers ist eine einfache, nicht zwiefach verschiedene und die ganze Betrachtung Reicherts, welche sich auf diesen Dualismus gründet, fällt in ihr Nichts zusammen.

Freilich konnte Reichert nicht ahnen, dass ihn das Schicksal so schnell erreichen würde, denn in meinen Schriften über Rhizopoden habe ich bisher weder bei Gromia noch bei Polythalamien dieser wogenden Bewegungen des ganzen Innern Erwähnung gethan. In der That kommt eine so deutlich auf den ersten Blick

zu erkennende Theilnahme der centralen Theile des Rhizopodenkörpers an den Contractionen der zu den Schalenöffnungen hervortretenden Massen nicht gewöhnlich vor. Aber Andeutungen davon zeigen auch andere Gromien, und Reichert hat gewiss etwas Aehnliches vor sich gehabt, wenn er von »Verschiebungen« und »scheinbaren Rotationen der centralen bläschenführenden Leibessubstanz« spricht. Freilich erklärt Reichert dieselben aus »peristaltisch vorrückenden Einschnürungen des contractilen Mantels.« Diese Erklärung passt nicht, denn die Beobachtung lässt, wie doch die erste Bedingung wäre, nicht zwischen Bewegendem und Bewegtem unterscheiden, Alles ist bei der Gromia oviformis eine wogende Masse. Selbstverständlich spreche ich dabei immer nur von den von mir beobachteten Arten, indem ich den zunächst nicht zu controlirenden Reichert'schen gern die wunderbarsten Abweichungen zugestehe. Ich protestire aber gegen die von Reichert geübte, jeder gesunden Logik widersprechende Verallgemeinerung seiner Einzelbeobachtungen, und das dem Anstand zuwiederlaufende Verfahren, auf Grund ebensolcher irgendwo aufgelesener, zusammenhangsloser Erscheinungen ganze Reihen systematisch durchgeführter Untersuchungen für optische Täuschungen zu erklären, oder gar in straffälliger Leichtfertigkeit sich dem Glauben hinzugeben, der Natur »Gesetze« (sic Reichert p. 495)[1]) abgelauscht zu haben, wo auch nicht der Schein einer exacten Beobachtung vorausgegangen ist.

Kann es mir also schon aus allgemeinen Gründen nicht in den Sinn kommen, die Gromia oviformis von Ostende in jeder Beziehung als das Paradigma der morphologischen Beschaffenheit der Mono- und Polythalamien überhaupt anzusehen, so habe ich im Gegentheil zu constatiren, dass meine früheren Arbeiten Material genug

1) Der denkwürdige Satz lautet: „Bei der Rückkehr in den sogenannten Ruhezustand zieht sich jeder Vorsprung genau wieder auf die Stelle des contractilen Sackes oder bei complicirteren Fortsätzen auf die Stelle des Fortsatzes oder der Lamelle zurück, von welcher aus die Erhebung stattfand. Bei verästelten Formen beginnt die Zurückziehung an den Endästen, respective an den Pseudopodien, und zugleich hört die Körnchenbewegung auf; ihnen nach folgen so zu sagen die Stämme. Hiernach darf als Gesetz festgestellt werden, dass die durch die Contraction verschobenen Theilchen der contractilen Rindenschicht nach der Rückkehr in den Ruhezustand genau wieder in der Ordnung und in dem Lageverhältniss vorliegen, in welchen sie sich befanden, als die Contraction begann."

enthalten, was direct gegen die Möglichkeit einer rückhaltlosen Verallgemeinerung spricht. Ich könnte sogar die paradox scheinende Behauptung aufstellen, dass Reichert an mir zum Plagiator geworden, indem er die von mir eben bekämpfte Meinung von der doppelten Natur des Polythalamienkörpers aufstellte. Denn nach meinen Untersuchungen verschiedenartiger lebender Polythalamien hat man an vielen derselben einen gefärbten centralen, relativ ruhenden, und einen an den letzten Kammern oder allein an der letzten Kammer und an den Schalenöffnungen zu Tage tretenden vorzugsweise beweglichen Theil zu unterscheiden. Ich darf zur Begründung dieser Behauptung es mir nicht versagen, hier eine längere Stelle aus meinem »die Gattung Cornuspira unter den Monothalamien und Bemerkungen über die Organisation und Fortpflanzung der Polythalamien« überschriebenen Aufsatz aus Troschel's Archiv für Naturgeschichte 1860, pag. 303—307 abzudrucken, da dieselbe ganz ausführlich meinen Standpunkt gegenüber der Frage nach der Organisation der Polythalamien und der Protozoen überhaupt bezeichnet.

Es heisst daselbst:

»Wenn nun nach dem Voranstehenden die contractile Rindensubstanz der grossen Rhizopoden so gut wie der kleinen aus einem in Zellen nicht zerlegbaren, wenn auch in Betreff seiner Entwickelung auf eine oder mehrere Zellen zurückzuführenden Protoplasma besteht, so ist damit noch nicht gesagt, dass nun nothwendig der ganze in der Schale eingeschlossene innere Theil des Rhizopodenkörpers auch aus derselben Substanz bestehen müsse. Ich habe schon in meinem Buche über den Organismus der Polythalamien darauf aufmerksam gemacht, dass man bei allen grösseren Rhizopoden einen inneren meist gefärbten, mehr ruhenden Theil von dem äusseren farblosen, ausschliesslich Fortsätze treibenden, beweglichen zu unterscheiden habe. Beide Theile gehen allmählig in einander über und sind bestimmte Anhaltspunkte über wesentliche Verschiedenheiten der innern Organisation aus meinen Beobachtungen nicht gewonnen worden. Farbstoffbläschen, grössere Körner und Kernchen, welche die Masse undurchsichtig machen, zeichnen die innere Substanz von der äusseren aus, aber eine Zusammensetzung aus Zellen oder gar die Differenzirung bestimmter Organsysteme habe ich auch an diesem Theile des Rhizopodenkörpers nicht wahrnehmen können. Ehrenberg nimmt eine solche Differenzi-

rung an, spricht z. B. von einem den Rhizopodenkörper durchziehenden Darmkanal, der natürlich doch eine besondere von der umgebenden Substanz verschiedene Wand haben müsste. Beweise für die Existenz einer solchen sind nie beigebracht, und muss ich nach häufig und bis in die neueste Zeit wiederholten Beobachtungen lebender namentlich durchsichtiger Polythalamien die Existenz eines solchen auf das Bestimmteste bestreiten.

Auch davon, dass jüngeren, durchsichtigen Formen von *Cornuspira, Miliola* und *Rotalia,* wie ich schon früher behauptet habe, eine contractile Blase fehle, habe ich mich wiederholt und wie ich glaube auf das Bestimmteste überzeugt.

Dennoch besteht, wie ich anführte, eine auch bei den Süsswasserrhizopoden, selbst den Amoeben, angedeutete Verschiedenheit zwischen Rinden- und Marksubstanz. Dieselbe könnte, wenn die Organismen aus einer Zelle entstanden sind, auf die bei vielen jungen, membranlosen Zellen zu beobachtende Verschiedenheit der Rindenschicht des Protoplasma und der innern Partieen zurückgeführt werden. Ich meine die Verschiedenheit, welche z. B. bei den von Remak auf Taf. XI. fig. 17 seines Werkes über die Entwickelung der Wirbelthiere abgebildeten Embryonalzellen besteht, dahin gehend, dass die hyaline Grundsubstanz des Protoplasma sich hier wenigstens stellenweise über den die Körnchen einschliessenden Theil erhebt. In der That beobachtet man dergleichen bei vielen namentlich sich bewegenden jungen Zellen (ich erinnere an die von Lieberkühn beschriebenen beweglichen Zellen des Blutes). Remak hat in dem angeführten Falle das Hervortreten der hyalinen Substanz als Abheben einer Membran gedeutet, in welchem Punkte ich mit dem geehrten Forscher nicht übereinstimmen kann.

Sind aber mehrere oder viele Zellen zur Bildung eines Rhizopodenkörpers zusammengetreten, wie wir solchen Fall als gar nicht unwahrscheinlich bezeichneten (wie also der Fall sein würde, wenn der Rhizopodenkörper aus einer, einem sich furchenden Eie ähnlichen, sich theilenden Eizelle hervorginge), so hätten wir nach unserer neuen Protoplasma-Theorie in Betreff des weiteren Verhaltens der Zellen folgende Möglichkeit zu constatiren. Ich erinnere wieder daran, dass die von mir gegebene Definition der Zelle lautet: »ein naktes Protoplasmaklümpchen mit Kern,« und dass ich die Membran als etwas zum Begriff der Zelle durchaus nicht Nothwendiges betrachte. Es ist also ein Haufen kleiner Zellen gegeben, aus denen

ein Rhizopodenkörper sich bilden soll. So brauchen nur die peripherischen Zellen untereinander zu verschmelzen, um das später in Zellen nicht mehr zerlegbare, den inneren Körper wie eine Schicht flüssigen Wachses umgebende Protoplasma, die sogenannte Sarkode, zu bilden. Nach dem Centrum zu aber kann sich die Selbstständigkeit der Zellen in allmähligem Uebergange erhalten, sie können eine Membran bekommen, Gewebe verschiedener Art bilden, wie sie aus den Furchungszellen des Eies eines höheren Thieres hervorgehen, ja die Theorie erlaubt die Annahme, dass Herz, Blutgefässe, Darm, Nieren, Gehirn, Nerven, kurz Alles, was nur gewünscht wird, innen in voller Entwickelung functionirt, während aussen die einfachste Form lebensfähiger Substanz persistirt — also der ganze so complicirte Organismus sich wie ein Aethalium auf einem Haufen stinkender Lohe herumwälzt. Dass eine in ihren Consequenzen so entsetzliche Verbindung höchster und niederster Organisation in der Natur nicht Platz greife, dafür sind die Schranken der Typen aufgerichtet. Wir sind weit davon entfernt den Typus der Protozoen bereits so weit verstanden zu haben, dass wir sagen könnten: bis hierher und nicht weiter geht innerhalb desselben die Differenzirung der Organsysteme. Dass dieselbe aber eine gewisse und sehr bestimmte niedere Gränze habe, lässt sich nach der Analogie der übrigen Typen erschliessen.

So also können sich innerhalb des Protozoentypus aus den einfachsten, nur aus dem Protoplasma einer einzigen Zelle bestehenden Thierformen leicht andere höhere Formen entwickeln, bei denen eine gewisse oder ziemlich vollkommene Selbstständigkeit einzelner constituirender Zellen vorhanden ist und auch Andeutungen bestimmter Organsysteme auftreten. Aber bei allen Protozoen, und das möchte ich für charakteristisch halten, waltet wenigstens in gewissen Bezirken des Körpers und behufs Erfüllung gewisser Functionen die Neigung der Zellen vor, zu einer grösseren Protoplasmamasse zusammenzuschmelzen, in welcher dann nur die Zahl der persistirenden Kerne etwa noch den Ursprung der Masse aus Zellen andeutet. Bei einigen Formen ist es die Rinde des Körpers, wo solche Masse vorkommt, — es sind Rhizopoden, unter denen nach Joh. Müller's und namentlich E. Haeckel's neuen, durch mündliche Mittheilung mir grossentheils bekannt gewordenen wichtigen Untersuchungen die Radiolarien, die Acanthometren und die Polycystinen den höchsten Platz einnehmen dürften,

insofern bei ihnen in der oben angedeuteten Weise wirklich Zellen persistiren. Bei anderen Protozoen könnte aussen eine geschichtete Lage mehr oder weniger selbstständiger Zellen vorhanden sein, wie bei den Infusorien, während innen der Körper ausgefüllt ist von dem nicht in Zellen zerlegbaren, aus verschmolzenen Zellen entstandenen Protoplasma. Als solches nämlich deute ich die weiche Centralsubstanz der Infusorien, in welche die Bissen eingedrückt werden. Sie ist der weichste Theil des Infusorienleibes, gehört aber zu demselben ebenso gut wie die Rindensubstanz, und kann den Namen Chymus den Lachmann ihr beilegte, nicht führen.

Von diesem Gesichtspunkte aus möchte ich an die Deutung der Organisation der Infusorien gehen, und lebe ich der Ueberzeugung, dass wir so zu einem befriedigenden Abschluss in der schwierigen Angelegenheit kommen. Doch muss ich auf eins aufmerksam machen, was nicht unwichtig ist, dass nämlich die Theorie auch die Annahme einzelliger Infusorien erlaubt. Denn eine Zelle kann auf der Oberfläche Wimpern bekommen, eine Zelle kann eine härtere Rindenschicht und eine weiche Marksubstanz mit Vacuolen, Kern, verschiedensten Körperchen, Farbstoffbläschen u. s. w. enthalten. In einer Zelle kann, wie die jungen Muskelfaserzellen lehren, die Peripherie des Protoplasma in echte Muskelsubstanz umgewandelt sein, während das Centrum der Zelle noch von gewöhnlichem Protoplasma eingenommen wird. Dass im Protoplasma einer Zelle eine sogenannte contractile Blase entstehen könne, bedarf freilich noch weiterer Untersuchungen, scheint aber nicht mehr unwahrscheinlich. Endlich, dass eine Zelle, also hier ein Protoplasmaklümpchen mit erhärteter und bewimperter Rinde, an einer oder zwei Stellen seiner Oberfläche der erhärteten Rinde und der Wimpern entbehren könne, einen »Mund« habe, von welchem aus feste Stoffe in die innerste, weichgebliebene Protoplasmamasse hineingedrückt werden und einen »After« zur Ausleerung derselben, diesen Punkt habe ich oben bereits besprochen, und glaube ich, dass die Möglichkeit solchen Vorkommens zugegeben werden muss.«

Man sieht das Richtige, was der Reichert'schen Angabe von der doppelten Natur des Schaleninhaltes der Polythalamien zu Grunde liegt ist nicht neu; was aber daran neu ist, dass nämlich eine scharfe Abgrenzung beider Substanzen bestehe, ist nicht wahr. Es ist also

nur eine misslungene Aufwärmung einer längst bekannten Thatsache, wenn Reichert die Reihe seiner Thesen beginnt mit: »An dem Polythalamienkörper sind, abgesehen von der Schale zwei Bestandtheile zu unterscheiden: die contractile Leibessubstanz und der, die centrale Masse des Körpers bildende, farblose und gefärbte Körperchen, auch Bläschen führende Bestandtheil.« Denn da die Pseudopodien nie rothe oder gelbe Farbstoffkörperchen enthalten, die doch in dem Inhalte einiger Kammern der Polythalamien kaum je fehlen, so ist die Substanz der Pseudopodien zunächst eben in dieser Richtung eine andere als die des in der Schale eingeschlossenen Körpers. Aber erstens ist dies nichts Constantes, denn die Gromie von Ostende entbehrt der centralen Farbstoffbläschen und ist sicher ganz und gar nur aus contractiler Masse gebildet, und zweitens ist die Nichtcontractilität des gefärbten Inhaltes der centralen Kammern der Polythalamien dadurch noch nicht erwiesen, dass die Farbbläschen derselben nicht auch in die Bildung der Pseudopodien eingehen. Die scharfe Unterscheidung beider Substanzen nach Contractilität und Nichtcontractilität schwebt also vollständig in der Luft.

Die Sache hat aber eine tiefere Bedeutung als auf den ersten Blick scheint. Man wird sich erinnern, dass meine in manchen Stücken von den hergebrachten Annahmen abweichenden Ansichten über die Natur der Zelle und deren Rolle bei der Gewebebildung ihre Wurzel besitzen in meinen Schriften über die Rhizopoden und das Protoplasma der Pflanzenzellen. Beginnend mit meiner Monographie der Polythalamien 1854, und den Studien über Protoplasmabewegungen in Diatomeen und Tradescantia (Müller's Archiv 1858) ist es wesentlich die Erkenntniss der vollständigen Uebereinstimmung der Eigenschaften der Pseudopodiensubstanz mit dem Protoplasma der Pflanzenzellen gewesen, welche mich zu den Resultaten kommen liess, wie ich sie in meinem Aufsatz »über Muskelkörperchen, und das was man eine Zelle zu nennen habe« (dasselbe Archiv etc. 1861 gleichzeitig in dem Aufsatz »die Gattung Cornuspira etc.« (Archiv für Naturgeschichte hrsgeg. v. Troschel 1860, p. 298—307 und in der Schrift: »das Protoplasma der Rhizopoden und der Pflanzenzellen« (Leipzig 1863) niedergelegt habe.

Die in demselben dem Protoplasma zugeschriebene Selbstständigkeit, die neuen Untersuchungen über seine Consistenz und seine Contractilität und das Resultat derselben, dass sich Protoplasma

auch ohne eine äussere, von ihm verschiedene Membran, die Zellmembran der Autoren, äusseren Einflüssen gegenüber selbstständig lebend erhalten könne und alle Consequenzen dieser Anschauungen haben sich mit einer Schnelligkeit verbreitet und sind so ohne viel Aufhebens Gemeingut der Wissenschaft geworden, dass schon Jeder meint es könne gar nicht anders sein. Die Reform hat sich so zu sagen von selbst vollzogen, der beste Beweis dafür, dass sie in der Luft lag, und dass es nur eines äusseren Anstosses bedurfte, den, und nicht mehr, gegeben zu haben ich vielleicht mir zum Verdienst anrechnen darf. An kleinen grollenden Randbemerkungen, dass dieser Anstoss unnütz gewesen sei, da man durch denselben nichts Neues erfahren habe, oder an kleinlichen, Nebendinge betreffenden Ausstellungen, durch die so leicht Grosses verunglimpft wird, hat es natürlich nicht gefehlt. Eine systematische Opposition ist gegen die gleichsam über Nacht vollzogene Abänderung des Schwann'schen Staatsgrundgesetzes nicht zu Tage getreten. Dagegen hat es an förmlichen und motivirten Zustimmungen, an feierlichen Bestätigungen nicht gefehlt, deren ich hier nur zwei nennen will, deren Gewicht weitaus am schwersten wiegen dürfte. Die eine seitens des hochverdienten Ernst Brücke, vornehmlich die Anatomie der Zelle als solcher betreffend [1], die andere von dem genauesten Kenner der Radiolarien unter den Rhizopoden, von Ernst Haeckel, eine vollständige Bestätigung der Protoplasmatheorie des Rhizopodenorganismus bringend [2]. So erschien nach kurzer Frist der Fortschritt auf der neuen Grundlage gesichert durch die ganz rückhaltlosen Bestätigungen einmal der Grundanschauungen über Protoplasma und dessen Theilnahme am Aufbau des Rhizopodenkörpers und zweitens der Anwendung dieser Lehren auf die Elementartheile der höheren thierischen Organismen.

Anders Reichert. Starr am Alten hängend und in der wohlbegründeten Besorgniss, die neue Lehre könne den von ihm so schön systematisch ausgebildeten Gegensatz von Zelle und Intercellularsubstanz stören, an welchem sein ganzer histiologischer Ruhm hing, musste er der membranlosen Zelle den Garaus zu machen suchen. Sie sollte im Keime erstickt werden und wurde demgemäss

---

1) Die Elementarorganismen. Sitzber. d. Akademie d. Wissenschaften zu Wien 1861.

2) Die Radiolarien. Berlin 1862, p. 93 u. ff.

einmal von den Furchungskugeln aus angegriffen, und zwar in demselben Hefte (!) des Archivs [1], in welchem Reichert meinem ersten die neue Anschauung erörternden Aufsatze eine Stelle angewiesen hatte, sodann durch den Versuch, die wichtigsten Resultate meiner Studien über die Pseudopodien der Rhizopoden umzustossen, und die Verwandtschaft ihrer Substanz mit dem Protoplasma der Zellen zu läugnen [2]. Man sieht die Stellen für die anzulegenden Minen waren gut gewählt — ihr geräuschvolles Platzen vermochte aber nicht einmal die Fundamente zu erschüttern, die in Trümmer zu werfen ihre Bestimmung gewesen. Dass der Faltenkranz des sich furchenden Forscheies nicht, wie Reichert wollte, von einer die Eisubstanz bedeckenden Membran herrühre sondern auf die Contractilität der Eisubstanz selbst zurückzuführen sei, habe ich in einer besonderen, diesen Faltenkranz auch in Abbildungen ausführlich erläuternden Schrift [3]) wahrscheinlich gemacht. Welch klägliches Zeugniss aber Reichert sich durch seine Publicationen über Pseudopodien und Protoplasma ausgestellt hat ist von E. Haeckel der Mit- und Nachwelt zu Nutz und Frommen in markigen Zügen dargelegt worden [4]. Der gänzlich vernichtenden Kritik meines wackeren Freundes ist Nichts hinzuzufügen. Ich habe hier nur der weiteren Entwickelung des Gegenstandes zu folgen, und noch einige merkwürdige Resultate zu constatiren. Die für Reichert so verhängnissvoll gewordene Beschäftigung mit den Polythalamien geht, wie er uns des deutlichsten auseinandergesetzt hat, von seiner eingewurzelten Abneigung gegen die »urschleimige« Sarcode- oder Protoplasma-Masse aus. So lange die Sarcode ausserhalb der Zellentheorie stand, war ihm diese Abneigung nicht zu verdenken. Aber statt, wie seitens anderer Forscher ganz allgemein geschehen, mit dem Nachweise der Protoplasma-Natur der Sarcode sich des Triumphes der Zellentheorie auch über diesen letzten, unbezwinglich scheinenden Rest thierischer Gewebe zu freuen, setzt er seine Opposition gegen die Sarcode als einer belebten, contractilen, reizempfänglichen nackten Zellsubstanz fort, und weist jede Möglichkeit

1) Archiv f. Anat. u. Phys. hersg. v. Reichert u. du Bois Reymond 1861, pag. 133.

2) Ebenda 1862, p. 638.

3) De ovorum ranarum segmentatione. Bonn 1863.

4) Ueber den Sarcodekörper der Rhizopoden. Zeitschr. f. wiss. Zoologie 1865, Bd. XV, p. 342.

eines Vergleiches derselben mit dem gleiches Aussehen, gleiche mikrochemische Reactionen und gleiche Bewegungen darbietenden Protoplasma der Pflanzenzellen von der Hand. Dass es lebendige Zellsubstanz — Protoplasma — ohne Zellmembran gebe, diesen Grundgedanken der neuen Zellenlehre bekämpft Reichert auf das Aeusserste [1]). Alles muss eine Membran haben, und selbst die einfachsten Organismen, die sich bis dahin ungestört ihrer Nacktheit freuten, müssen sich dem Gesetze fügen und vor Reichert verhüllen. Aber woher die Membran nehmen? Da sind wir nicht in Verlegenheit. Hier du Amoebe, dir genügt deine hyaline Rindenschicht, um vorschriftsmässig zu erscheinen, dich, Furchungskugel rettet der Faltenkranz, die Myxomycete hat »eine einfache scharf gezeichnete dunkle Contour« und kann passiren [2]) — aber das abscheuliche Ding da, die Gromie, die hat sich zwar ihr Haus mitgebracht, aber darin sitzt sie, entsetzlich anzuschauen, in Wahrheit splitternackend! Die contractile Substanz membranlos! »Ausser der Contractilität besitzt die Rindensubstanz des weichen Polythalamienkörpers wahrscheinlich auch die Eigenschaft, Excrete zu liefern durch welche zur Nahrung dienende Thiere getödtet werden. Sie verräth ferner sensible Erscheinungen dadurch, dass die ausgestreckten Fortsätze bei Berührung mit heterogenen Elementen sich zurückziehen; sie ist wahrscheinlich auch Respirationsorgan, und dürfte ihre lebhafte Körnchenbewegung zum fortwährenden Wechsel des Meerwassers beitragen. Aus der Art und Weise, wie die vielkammerigen Foraminiferen sich vergrössern und wachsen, darf kaum gezweifelt werden, dass sie einen wesentlichen Antheil bei diesem Bildungsprocesse hat. Es ist endlich von mir beobachtet worden, dass sich Abschnitte von ihr ablösen und wie es scheint gänzlich zu Grunde gehen, so dass sie einer Art Regenerationsprocess unterliegt.« Und doch ist »im ausgebildeten Zustande nicht die geringste Spur einer Zusammensetzung aus irgend welchen gesonderten Bestandtheilen wahrzunehmen« (Reichert Monatsber. 1865, p. 492, 493). Also doch echtes Schultze'sches Protoplasma! Was ist da zu machen?! Hier hilft nur ein schneller Entschluss: so sei selbst Membran! Was keine

1) Die neueren Reformen in der Zellenlehre. Reichert u. du Bois Reymond's Archiv 1863, p. 86.

2) Archiv etc. 1863, p. 101.

Membran hat, nun das ist eben selbst Membran — was giebts da zu lachen? Irgend etwas wird die Substanz doch einschliessen, was die Rolle des Inhaltes übernehmen kann. Da ist die »centrale bläschenführende Substanz«, die sich offenbar nur »passiv« bewegt, und deren »Mantel« die contractile Rinde bildet. Und bei der Gromie von Ostende, der diese Art Kern fehlt stellen zum Glück andere Kerne sich ein, die von der contractilen Substanz umhüllt wie ein Pflaumenstein in der fleischigen Hülle, seiner Membran, liegen.

So ist denn also glücklich der Weg gefunden, auf welchem jede contractile Protoplasmamasse, jede embryonale Zelle eine Membran erhält! Ihre contractile, schleimigconsistente, bald mehr hyaline bald feinkörnige Hauptsubstanz, das an der Oberfläche frei zu Tage tretende Protoplasma der Autoren, wird die gesuchte Membran im Gegensatz zu einer entweder supponirten oder wirklich vorhandenen minder contractilen festeren oder flüssigeren Inhaltsmasse! —

Habeat sibi! Wer gegen den Strom schwimmen will, den wollen wir nicht daran hindern. Was Protoplasma zu nennen sei und was nicht, das steht nachgerade im naturforscherlichen Sprachgebrauch ziemlich fest, und für den Begriff einer Membran, wie der Histiologe ihn aufzufassen hat, fehlt es auch nicht an mustergültigen Definitionen [1]).

---

1) Ich erinnere hier nur an die vortrefflichen Auseinandersetzungen H. von Mohl's in der botanischen Zeitung vom J. 1855, Jahrg. 13, pag. 90 u. ff. Dieselben sind allen denen, welchen die erwünschte Klarheit fehlt über das, was man eine Membran zu nennen habe, warm ans Herz zu legen. Der grosse Naturforscher äussert sich hier unter Anderem dahin: „Denn zum Begriff einer solchen (Membran) gehört nothwendig. dass sie eine von ihren Umgebungen nach beiden Flächen hin bestimmt abgegrenzte Schicht bildet;“ „keineswegs aber reicht zur Bildung einer Membran hin, dass eine homogene Substanz eine scharf begrenzte Oberfläche von festerer Consistenz besitzt, wenn diese festere Schichte ohne Grenze in die übrige Substanz übergeht, so dass Niemand bestimmen kann, wo die äussere Schichte aufhört und die innere Substanz beginnt. Wir können in einem solchen Falle die äussere Fläche ins Auge fassend sagen, sie sei membranenartig erhärtet, wir geben aber nur zu Verwirrung Veranlassung, wenn wir zur Bezeichnung dieses Verhältnisses den gleichen Ausdruck gebrauchen, mit welchem man eine eigenthümliche, einen bestimmten Gegensatz gegen die unterliegende Substanz bildende Schicht benennt; im gemeinen Leben mag eine solche Verwechselung hingehen, in wissenschaftlichen Werken, wenn von anatomischen

So ist denn also zu constatiren, dass auch Reichert nicht ferner an eine Membran an der Oberfläche des contractilen Protoplasma der Rhizopoden denkt, und damit factisch den Cardinalpunkt der »neueren Reformen in der Zellenlehre« anerkennt.

Wie die Gromia oviformis von Ostende sich durch die Beschaffenheit ihres Körpers, den Mangel der Farbstoffbläschen, die exquisite Contractilität ihrer ganzen Substanz als ein Organismus zu erkennen giebt, welcher so zu sagen eine Uebergangsform zwischen den nackten und beschalten Rhizopoden darstellt, so bietet denn in der That auch ihre Schale Eigenthümlichkeiten, welche auf eine minder scharfe Differenzirung oder wenigstens einen niederen Grad der Erhärtung ihrer Substanz hindeutet gegenüber dem Verhalten anderer Gromien. Die hyaline Hülle ist zwar ringsum scharf abgesetzt von dem körnigen Thierkörper, aber an der Schalenmündung, wo die Pseudopodien zunächst in dickem Wurzelstamm die Höhlung der Schale verlassen, ist merkwürdiger Weise durchaus nicht immer eine ganz klare Grenze zwischen dieser Schale und dem körnigen Inhalt zu erkennen. Das Verhältniss beider Substanzen zu einander bedarf hier eines genaueren Studiums, das ich der Zukunft vorbehalten musste.

Die Hülle ist dehnbar und elastisch. Bei einer Gromie von 0,094 Mm. Durchmesser maass ich die Dicke der hyalinen Schale ohne jede Compression des Thieres zu 0,0068 Mm. Nach Auflegen eines schweren Deckglases, wobei der Durchmesser der Gromie, ohne dass dieselbe platzte, auf 0,14 Mm. gestiegen war, betrug die Dicke der Schale nur noch 0,0023 Mm. Nach Entleerung eines Theiles des Inhaltes der Schale und Nachlass der Spannung war die Dicke wieder um ein Geringes, nämlich bis auf 0,0034 Mm. gestiegen. Die Schale ist also dehnbar wie Cautschuk, ihre Elastici-

---

Verhältnissen die Rede ist, sollten aber so verschiedenartige Verhältnisse nicht verwechselt werden. Nicht minder ist es, wenn wir dem allgemein festgestellten Begriffe der Blase treu bleiben wollen, durchaus unpassend eine mehr oder weniger weiche, jedoch nicht flüssige kugelförmige Masse, deren Oberfläche eine grössere Consistenz besitzt, eine Blase zu nennen. Denn zum Begriff der letzteren gehört nothwendigerweise ein von festerer Substanz umgebener, mit einer tropfbaren oder gasartigen Flüssigkeit gefüllter, oder auch ganz leerer Hohlraum." Man vergleiche hier auch meine Schrift: Das Protoplasma der Rhizopoden und der Pflanzenzellen pag. 5–9 und 58–60.

tät ist freilich nicht gross, da letztere Zahl nur die Hälfte so gross ist als die des ursprünglichen Durchmessers.

Bei den Bewegungen des Thieres ist die Schale kein Hinderniss zu allerhand Formveränderungen desselben, wobei immer der Inhalt der inneren Schalenfläche dicht anliegen bleibt. Lücken zwischen beiden habe ich nie gesehen. Aber einer mir räthselhaft gebliebenen Erscheinung muss ich noch gedenken, welche oft und bei ganz frisch eingefangenen Thieren zur Beobachtung kam, dass von einer auf kleinen Raum beschränkten äusseren Einbiegung der Schale, einer scharfen nach innen vorspringenden Knickung derselben, ein längerer oder kürzerer Fortsatz hyaliner, von der Schalensubstanz scheinbar nicht verschiedener Masse in das körnige Innere hineinragte. Ja ich habe auch ohne jede Spur äusserer Knickung solche hyaline längere und kürzere Zapfen zu mehreren radienartig in den Thierkörper hineinragen sehen, welche vollkommen hyalin, in Aussehen und Consistenz der Schalensubstanz verwandt waren. Eine nähere Erläuterung dieser Erscheinung muss von erneuten Untersuchungen erwartet werden.

Jetzt nur noch einige Worte über Reichert's gegenwärtigen Standpunkt gegenüber der Körnchenbewegung. Dass Reichert bereits 1863 ganz nahe vor der Entdeckung der wirklichen Körnchen in den Pseudopodien der Rhizopoden, die er anfänglich so hartnäckig abgeleugnet, stand, ist von mir angedeutet worden (Archiv für Naturgesch. 1863, p. 362). Natürlich kann die Entdeckung nur langsam in Scene gesetzt werden. Zwar bedient sich Reichert bereits mit einer gewissen Geläufigkeit des Ausdruckes Körnchenbewegung ohne die früheren Zusätze »scheinbare«, »sogenannte«; aber: »Obgleich bei anderen niederen wirbellosen Thieren die Anwesenheit solcher wirklichen Körnchen in der contractilen Substanz nicht zweifelhaft ist, so muss dies doch vorläufig für die contractile Substanz der Polythalamien in Abrede gestellt werden, da die körnige Zeichnung nur im Contractionszustande hervortritt und demnach auf Unebenheiten der Oberfläche zurückgeführt werden muss.« (Monatsberichte etc. 1865, p. 493.) Also immer noch die alte Leier.

Einen wichtigen Fortschritt haben wir aber doch zu constatiren. Bis dahin kannte Reichert das Bild eines Körnchens nur als »in Fortbewegung begriffene Schlinge« oder als »fortschreitende Contractionswelle«, irgend ein sichtbares ruhendes Kügelchen hatte er aber weder an noch in der Substanz der Pseudopodien entdecken

können (Archiv etc. 1862, p. 647); jetzt sind ihm »doch oft Fälle vorgekommen, in welchen Körnchen auftraten und stehen blieben, ohne eine Contractionswelle in Bewegung zu setzen. Ueberhaupt kann als eine Eigenthümlichkeit der Bewegungserscheinung der contractilen Rindenschicht angesehen werden, dass eine jede Contractionsbewegung auf einem beliebigen Zustande der Intensität stundenlang ausharren kann« (Monatsber. 1865, p. 496).

Also stundenlang! Früher war es nur die Möglichkeit der Beobachtung des Entstehens und Vergehens der als Contractionswelle »am Faden fortziehenden Schlinge,« welche Reichert vor der Verwechselung mit einem wirklichen Körnchen sicherte (Archiv etc. 1862, p. 648). Jetzt fällt bei stundenlangem Ausharren der Contractionsbewegung »auf demselben Zustande der Intensität« diese Möglichkeit natürlich fort. Das wichtigste Unterscheidungszeichen von Contractionswellen mit und ohne Körnchen wird hiernach, wie einleuchtet, von Reichert selbst aufgegeben. Die Körnchen können jetzt ihren Einzug in die Pseudopodien der Polythalamien halten. Wir sind also glücklich auf dem Boden derjenigen Verständigung angelangt, welche ich bereits vor Kurzem als nahe bevorstehend in Aussicht stellte. Ob dabei das Zugeständniss seitens des Herrn Reichert noch irgend ein Interesse habe, lasse ich nach dem Vorangegangenen und nach meinen früheren und E. Haeckel's Auseinandersetzungen dahingestellt.

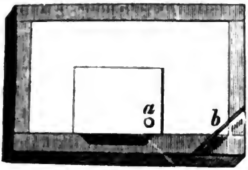
---

2. Eine neue Art Objectträger.

Mit einem Holzschnitt.

H. L. Smith vom Kenyon College in Newyork beschreibt in Silliman's American Journal of science and arts Vol. XL, Sept. 1865, pag. 241 eine neue Art Objectträger, welcher weitere Empfehlung verdient. Derselbe ist darauf berechnet bei Untersuchungen des Wachsthums und der Fortpflanzung kleiner Thiere und Pflanzen in Wasser, welche längere Zeit in Anspruch nehmen, das Austrocknen der Flüssigkeit unter dem Deckgläschen zu verhindern und einen stetig andauernden Strom frischen Wassers unter dem Deckgläschen zu unterhalten. Ich habe den sehr einfachen Apparat,

den sich Jeder leicht selbst herstellen kann, im Holzschnitt wiedergegeben.



Derselbe stellt einen niedrigen aus möglichst dünnem Spiegelglas gefertigten Kasten dar von der Grösse eines etwas breiten Objectträgers. Die Maasse, welche Smith angiebt, sind 3 und 2″ ins Gevierte, die Dicke der Glasplatten betrage $^1/_{25}$″, die Dicke des ganzen Kästchens nicht viel mehr als $^1/_8$″. Dieser Kasten ist dazu bestimmt mit Wasser gefüllt zu werden, und um dies zu können ist eine Ecke der oberen Glasplatte (bei b) weggeschnitten. In dieselbe Platte ist bei a mit einer Feile ein enges Loch gebohrt. Um den Apparat zu gebrauchen wird derselbe mittelst einer Pipette mit Wasser gefüllt und die in a sich festsetzende Luftblase ebenfalls durch Wasser verdrängt. Das Object wird in der Nähe von a orientirt und danach so mit einem Deckgläschen bedeckt, dass zwischen dem Wasser unter dem letzteren und demjenigen des Kastens durch a eine Verbindung besteht.

Das während der Beobachtung am Rande des Deckgläschens verdunstende Wasser wird durch Capillarität auf dem Wege von a aus dem Kasten wiederersetzt, und es bedarf nur einer in längeren Zwischenräumen (nach Smith alle drei Tage) nöthig werdenden Erneuerung des Wassers auf dem Wege bei b.

Noch ist zu erwähnen, dass c einen dünnen Glasstreifen bedeutet, welcher das Deckgläschen vor dem Abgleiten schützen soll, wahrscheinlich berechnet auf die in England und Amerika herrschende Mode, bei schiefer Stellung des Mikroskopes zu beobachten.

Es leuchtet ein, dass der kleine Apparat sehr wesentlichen Nutzen gewähren kann. Es ist eine Art feuchter Kammer mit manchen Vortheilen vor den gebräuchlichen. Natürlich würde sich der Kasten statt mit Wasser auch mit anderen Flüssigkeiten, z. B. Jodserum füllen lassen. Bei der nur langsamen Verdunstung der Flüssigkeit würde der allmählich eintretenden Concentration wohl leicht durch Wasserzusatz auf dem Wege von b vorgebeugt werden können.

---

3. Berichtigung eines Referates von Ehrenberg.

Der Sitzungsbericht der Gesellschaft naturforschender Freunde zu Berlin vom 16. Januar d. J. enthält ein Referat Ehrenberg's über einen von mir in diesem Archiv Bd. I, pag. 376 veröffentlichten Aufsatz »die Bewegung der Diatomeen«. Diesem Referate liegen erhebliche Missverständnisse zu Grunde, daher dasselbe geeignet ist, den Leser über den wahren Inhalt meines Aufsatzes vollkommen irre zu führen. Ich habe demgemäss eine Berichtigung der in demselben enthaltenen Irrthümer an den Vorsitzenden der Gesellschaft der naturforsch. Freunde zu Berlin zu gefälliger Mittheilung an die Gesellschaft und Abdruck in den Sitzungsberichten übersandt, und dieselbe Berichtigung auch der botanischen Zeitung, redig. von H. v. Mohl und v. Schlechtendahl, zum Abdruck übergeben, welche das Ehrenberg'sche Referat wörtlich aus den erstgenannten Sitzungsberichten aufgenommen hatte. Diese Berichtigung ist in Nr. 12 der botanischen Zeitung vom 23. März d. J. auf pag. 96 abgedruckt. Die Gesellschaft der naturforschenden Freunde zu Berlin hat, wie der zeitige Director derselben Herr Geheimrath Gurlt mir meldet, in ihrer Sitzung vom 20. März d. J. beschlossen, die Berichtigung in den Sitzungsbericht nicht aufzunehmen. Da möglicherweise auch andere Blätter aus dem Ehrenberg'schen Referate geschöpft oder dasselbe ganz reproducirt haben, muss mir an einer weitern Verbreitung meiner Berichtigung gelegen sein, welche ich denn hier folgen lasse:

Herr Ehrenberg geht in seinem Referate von der Behauptung aus, mein Aufsatz handle »über die Structur der Bacillarien als Pflanzen«, und schliesst mit einem Protest dagegen, dass durch meine Darstellung »die Bacillarien als Pflanzen erwiesen wären.« Erstere Behauptung ist unwahr und letzterer Protest hat keine Beziehung zu meiner Abhandlung, denn ich erkläre mich selbst gegen die Ansicht von der pflanzlichen Natur der Diatomeen. Die Frage, ob durch das von mir Mitgetheilte »eine Entscheidung darüber möglich geworden, ob die Diatomeen dem Thierreich oder dem Pflanzenreich unterzuordnen seien« (p. 399), beantworte ich mit den Worten »dass diese Entscheidung überhaupt wohl nicht zu erwarten ist.« Ich erkläre ausdrücklich, dass ich etwas »characterisch Thierisches oder Pflanzliches« an den Diatomeen nicht finde, und komme zu

dem Schluss, dass dieselben »zu den Urorganismen zu zählen, welche nicht nach der Scheidung von Thier- und Pflanzenreich fragen« (pag. 400). Unter diesen Umständen ist unverständlich, weil dem Wortlaut meines Aufsatzes zuwider, wenn Ehrenberg von mir sagt »er hält es nicht für unmöglich, dass auch bei anderen Pflanzen (sic) Spalten . . . . vorkommen können.« Die auch bei Ehrenberg gesperrt gedruckten Worte lassen natürlich den Eindruck zurück, als wären sie von mir gebraucht, kommen aber weder an der angezogenen Stelle noch in ähnlicher Verbindung in meinem Aufsatze vor. Es ist ferner ein Irrthum, wenn Ehrenberg behauptet, ich hätte die Aufnahme von Nahrung bei den Diatomeen gesehen. Ich erkläre vielmehr (p. 395): »Denn wie Cohn und anderen ist es auch mir ergangen, ich habe vergeblich wochenlang auf diese Aufnahme gewartet, obgleich ich sehr lebhaft bewegte Arten des Meer- und süssen Wassers, die auch Ehrenberg anwandte, mit zu diesen Versuchen besonders fein geschlämmtem Indigo in Berührung brachte.«

Herr Ehrenberg macht mir endlich den Vorwurf, ich hätte »die Erläuterung der hervorragenden Füsse durch Indigotrübung« Herrn von Siebold statt ihm zugeschrieben. Die Sache ist die. Ehrenberg's Angaben über das Verhalten der Farbstofftheilchen an der Oberfläche lebender Diatomeen treffen nirgends die Thatsache, um welche es sich bei mir in erster und einziger Linie handelt, das Ankleben derselben an der Raphe, ihr Hin- und Herziehen wie auf einer Strasse. Für diese Bewegungen weiss ich keinen früheren Beobachter als C. Th. von Siebold.

4. Beobachtungen an Noctiluca.

Nach dem früher von mir mitgetheilten Verhalten der Leuchtorgane von Lampyris splendidula zu der Ueberosmiumsäure musste es von Interesse sein zu erfahren, wie sich das im Meere verbreitetste Leuchtthierchen, die Noctiluca miliaris im lebenden Zustande zu dieser Säure verhalte. Ich benutzte einen Aufenthalt in Ostende, woselbst, wie wir namentlich aus der anziehenden Schrift des Dr. Verhaeghe (La phosphorescence de la mer sur la côte d'Ostende, 6 ed. 1864) wissen, die Noctiluca zu allen Jahreszeiten in grossen Mengen das Meer und den Hafen er-

füllt, dieses merkwürdige Thier in verschieden concentrirte Lösungen der gedachten Säure zu bringen. Dasselbe stirbt in den Lösungen der Ueberosmiumsäure sehr schnell ab und lässt sich in denselben lange Zeit conserviren. Besondere Structurverhältnisse, die nicht schon bekannt wären, treten durch die Behandlung nicht hervor. Das Thier färbt sich durch allmählige Reduction des Osmium nach und nach blau schwärzlich, und diese Farbe tritt ziemlich gleichmässig an allen Theilen auf. Dabei erhält sich die strahlig verzweigte Anordnung der von dem sogenannten Mund ausgehenden Protoplasmafäden, und da die wie es scheint nur Spuren von organischen Substanzen aufgelöst enthaltende Interprotoplasmasubstanz, die Flüssigkeit, welche der Intracellularflüssigkeit einer grossen Pflanzenzelle entspricht, kaum schwärzliche Färbung annimmt, so trägt die Osmiumbehandlung dazu bei, die Protoplasmafäden nach und nach immer schärfer hervortreten zu machen. Am dunkelsten färben sich natürlich die dicksten Fäden und vor Allen die an der busenförmigen Einbiegung des Körpers liegende Protoplasmaanhäufung, von welcher alle innere Fäden ausgehen, weniger dunkel wird die äussere Hülle und der wurmförmige Fortsatz derselben neben dem Mund gefärbt.

Von grosser Bedeutung für die Auffassung des Noctiluca-Organismus ist unzweifelhaft das in der Hauptmasse des Protoplasma eingeschlossen liegende kernartige Gebilde, dessen Anwesenheit zwar früheren Beobachtern nicht ganz unbekannt war, dessen constantes Vorkommen jedoch erst von A. Krohn hervorgehoben wurde, welcher Forscher zugleich die Analogie mit dem Kern der Infusorien und Rhizopoden gewiss sehr richtig betont.[1]) Krohn bildet diesen Körper auf Taf. III, fig. 2 l. c. als eine homogene Kugel ab. Der fragliche Kern scheint später nicht wieder die Aufmerksamkeit eines Naturforschers auf sich gezogen zu haben, so kommt es, dass wir weder über seine feinere Structur noch etwaige Veränderungen desselben während des Lebens, noch über seine physiologische Bedeutung das geringste wissen. Daran mag Schuld sein, dass, wie ich mich überzeugt habe, der Kern gar nicht immer leicht von anderen kugligen Körpern, die in den Paremchymstock eingeschlossen gefunden werden, sofort deutlich zu unterscheiden ist. Ich habe mich

1) Archiv f. Naturgeschichte herasg. von Troschel 1852, I, p. 78.

bemüht zunächst seine feinere Structur zu ermitteln, und bin dabei auf die vollständig gleichen Verhältnisse gestossen wie bei den oben erwähnten Gromien. Der Kern ist frisch ein ganz durchsichtiger, wie es scheint solider, kugliger Körper, welcher wieder aus sehr zartcontourirten kugligen Gebilden zusammengesetzt ist, deren Grösse wie bei den Kernen der Gromien variirt. Dieselben schimmern im ganz frischen Zustande deutlich hervor .Essigsäure trübt das Bild durch die auftretenden Gerinnungen. Auch die Grösse der Kerne stimmt mit denen der Gromien ungefähr überein, ich mass bei 5 Noctiluken Kerne von je 0,04, 0,042, 0,041, und 0,047 Mm. Es wäre für günstig situirte Forscher gewiss eine lohnende Aufgabe, die Kerne in verschiedenen Jahreszeiten zu verfolgen und ihre Veränderungen nach Zahl und feinerer Structur festzustellen. Voraussichtlich dürften sich dabei Beziehungen der Kerne zu der immer noch in Dunkel gehüllten Fortpflanzungsgeschichte der Noctiluca ergeben.

5. Zur Anatomie und Physiologie der Retina.

Aus den Sitzungsberichten der niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde zu Bonn, vom 4. April 1866.

Professor Max Schultze theilte Einiges von seinen demnächst ausführlicher zu veröffentlichenden Untersuchungen über den feineren Bau der Retina des Menschen und der Thiere mit. Es handelte sich bei denselben vorzugsweise um Feststellung des Unterschiedes zwischen den Stäbchen und Zapfen mit Rücksicht auf die Art der Verbindung dieser Elemente mit den angrenzenden Schichten der Retina. Der Gegenstand ist einer der wichtigsten für die Physiologie des Sehens, aber bisher noch vollkommen unklar. Es ist leicht, sich an der Retina der Knochenfische zu überzeugen, dass die Zapfen, welche bei diesen Thieren bekanntlich den Durchmesser der Stäbchen um viele Male übertreffen in ziemlich dicke Fasern übergehen, welche mit conischen Anschwellungen in der Zwischenkörnerschicht aufhören. Diese hat Heinrich Müller zuerst gesehen und abgedildet. Schwieriger sind dieselben bei Säugethieren und beim Menschen wahrzunehmen, doch wurden sie wiederholt gesehen, für den Menschen kürzlich von Henle geschildert. Ueber die Natur dieser Fasern wissen wir Nichts be-

stimmtes, ebensowenig etwas über ihre Verbindung mit den übrigen Schichten der Retina. Viel schwieriger sind von den Stäbchen ausgehende Fasern in der äusseren Körnerschicht zu entdecken. Heinrich Müller und Kölliker haben sie kennen gelehrt, aber wie weit dieselben reichen und in was für Verbindungen dieselben treten ist vollkommen unbekannt. Dass sie nervöser Natur seien habe ich wiederholt auf Grund der an ihnen zu beobachtenden characteristischen spindelförmigen Varikositäten behauptet. Henle hat diese Fasern überhaupt nicht auffinden können.

Der Vortragende hat auf Grund neuer Methoden, und in seinen Untersuchungen des menschlichen Auges wesentlich gefördert durch einen von Prof. Busch bei Gelegenheit eines Cancroids der Orbita exstirpirten mit gesunder Retina versehenen Bulbus, der ganz frisch in seine Hände gelangte, bezüglich der Stäbchen- und Zapfenfasern zunächst der Knochenfische, Säugethiere und des Menschen Folgendes festgestellt. Jedes Stäbchen geht in eine äusserst feine, sehr schwer zu conservirende Faser über, welche die äussere Körnerschicht gewöhnlich auf kürzestem Wege durchsetzt und dabei früher oder später mit einer eiförmigen kleinen Zelle, einem sogenannten äusseren Korn in Verbindung tritt. Diese Faser zeigt an Macerationspräparaten, welche eine Isolirung derselben in ganzer Länge gestatten, sehr characteristische feine spindelförmige Varikositäten, ihr Ende fällt an die Grenze der äusseren Körnerschicht gegen die Zwischenkörnerschicht, hier hört sie bei guter Erhaltung mit einer die gewöhnlichen Varikositäten an Durchmesser ein wenig übertreffenden spindelförmigen Anschwellung auf, in welcher unter Umständen kleine Vacuolen gesehen werden. Die Zapfen besitzen für gewöhnlich dicht unter der membr. limitans externa eine kernhaltige Anschwellung, welche ihrer Lage nach zu den äusseren Körnern gehört, aber von den bei weitem zahlreicheren, mit Stäbchen in Verbindung stehenden äusseren Körnern in mehrfacher Beziehung verschieden ist. Kern und Kernkörperchen namentlich sind an den Zapfenkörnern grösser, die von Henle entdeckten Querstreifen, welche die äusseren Körner unter Umständen auszeichnen, kommen nur den Stäbchenkörnern, nie den Zapfenkörnern zu. Von dem Zapfenkorn geht eine stets ansehnlich dicke, freilich äusserst weiche und vergängliche Faser aus, welche (mit Ausnahme der Gegend des gelben Fleckes beim Menschen) gestreckt bis zur Zwischenkörnerschicht verläuft, und an deren äusserer Fläche mit einer

Anschwellung von kegelförmiger Gestalt endigt. Diese Anschwellung hat in gutem Erhaltungszustande eine ebene Basalfläche, von welcher aber einige feine Fäserchen ausgehen, deren Zahl genauer nicht bestimmt werden konnte, welche nicht in radiärer Richtung weiter ziehen, sondern sich der flächenhaft angeordneten feinen Faserung der Zwischenkörnerschicht wie es scheint nach verschiedenen Richtungen auseinanderlaufend anschliessen. Die kegelförmige Anschwellung kann auch glocken- oder eiförmig bei minder guter Erhaltung erscheinen, auch Vacuolen, wie in den neben ihnen liegenden Anschwellungen der Stäbchenfasern, bilden sich häufig in ihr aus. An guten Macerationspräparaten, d. h. solchen, an denen die zartesten Elemente wie frisch aussehen, aber eine Isolirbarkeit derselben in viel grösserem Umfange als in frischem Zustande möglich ist, gleichen diese dicken Zapfenfasern in Lichtbrechung, Glätte der Oberfläche, Neigung zur Bildung von Ausbuchtungen und selbst regelmässig geformten spindelförmigen Varicositäten und endlich äusserster Hinfälligkeit durchaus den aus breiteren markhaltigen Nervenfasern isolirten Axencylindern. Auch in der feineren Structur gleichen sie letzteren, denn sie bieten deutlich den Anschein einer parallelen Längsstrichelung, die die Axencylinder hie und da auszeichnet und von so hoher Bedeutung ist, da sie den Schluss auf eine Zusammensetzung desselben aus feineren Fasern gestattet. Auch bei den Zapfenfasern stehe ich nicht an, dieselbe in gleicher Weise zu deuten, da die nervöse Natur dieser Fasern aus rein anatomischen Gründen hinreichend gesichert ist, und ein Zerfall der breiten Zapfenfaser in viele feinste Fasern in der Zwischenkörnerschicht von mir gesehen wurde. Aber auch der Zapfenkörper zeigt eine Andeutung eines faserigen Baues, ähnlich der fibrillären Beschaffenheit eines Theiles der Ganglienzellensubstanz (vergl. das Vorwort v. M. Schultze zu O. Deiters Untersuchungen über Gehirn und Rückenmark pag. XV), welcher faserige Bau im Zapfenkörper bis an das Zapfenstäbchen heran reicht.

Auch ein bindegewebiges Gerüst mit oft deutlich radiärfaserigen Fortsetzungen der Müller'schen Radialfasern (Limitansfasern) durchzieht die äussere Körnerschicht, endigt aber an der m. limitans externa und hat mit den Stäbchen- und Zapfenfasern keinen directen Zusammenhang. Der Vortragende hält es durch seine Untersuchungen für anatomisch bewiesen, dass die Stäbchen mit sehr feinen, die Zapfen mit mindestens 10—20mal so dicken Nerven-

fasern in Verbindung stehen, von welchen die letzteren wieder Bündel feinster Nervenfasern sind, welche alle in der Zwischenkörnerschicht aus der radiären Richtung abweichen und zunächst sich in der Richtung der Fläche der Retina vertheilen.

In der inneren Körnerschicht ebenso wie in der molekulären sind keine Nervenfasern von der Dicke der Zapfenfasern, nur die unmessbar feinen Fädchen von der Dicke der Stäbchenfasern. Folglich verbinden sich die in der Zwischenkörnerschicht aufgelösten Zapfenfasern in den inneren Schichten der Retina nicht wieder zu ähnlichen dicken Fasern miteinander, sondern erreichen einzeln und vielleicht räumlich weit von einander getrennt die inneren Retinaschichten.

Der Vortragende macht kurz auf einige wichtige Beziehungen dieser Anordnung zu gewissen Räthseln in der Physiologie der Retina aufmerksam, anknüpfend an die bekannten Young'schen Postulate für die Farbenempfindung, und die kürzlich von V. Hensen bei den Cephalopoden aufgefundenen anatomischen Verhältnisse.

Auch des Vortragenden Untersuchungen über den gelben Fleck und die fovea centralis des Menschenauges haben durch die neuen Methoden und das ungewöhnlich günstige Material Fortschritte gemacht. Zunächst wurde constatirt, dass die verschmälerten Zapfenkörpern gleichenden empfindenden Elemente am gelben Fleck und die ganz stäbchenartig dünnen Elemente der fovea centralis in der äusseren Körnerschicht mit Zellen in Verbindung stehen, welche in jeder Beziehung den geschilderten Zapfenkörnern gleichen, von den Stäbchenkörnern aber sehr verschieden sind, die also hier in der äusseren Körnerschicht ganz fehlen. Die Elemente der fovea centralis sind danach unzweifelhaft echte verschmälerte Zapfen. Aber, was bis dahin kaum erreichbar schien, auch die von diesen Elementen ausgehenden und die äussere Körnerschicht durchsetzenden Fasern wurden mit den zugehörigen Zapfen auf lange Strecken isolirt, und konnten demnach auf ihre feinere Structur genau untersucht werden. Auch nach der Natur der aus den Zapfenkörnern des gelben Fleckes und der fovea centralis hervorgehenden Fasern und deren an die Zwischenkörnerschicht grenzenden angeschwollenen Enden kann es keinem Zweifel mehr unterliegen, dass die Zapfen der fovea sämmtlich in dicke, Axencylindern gleichende Fasern übergehen, die ganz den vorhin beschriebenen der übrigen Zapfen der Retina gleichen. Aber diese Fasern weichen von der

radiären Richtung ab und nehmen in der am gelben Fleck bekanntlich sehr dicken äusseren Körnerschicht (von H. Müller zur Zwischenkörnerschicht gerechnet) einen von der fovea nach allen Richtungen divergirenden Verlauf an, so dass sie oft erst nach einem die Dicke der äusseren Körnerschicht vielleicht um das 6—10fache übertreffenden Längenverlauf die Zwischenkörnerschicht erreichen, um hier vermittelst der conischen Anschwellung in feinste Fäserchen zu zerfallen. So entsteht die bekannte »schiefe« Faserung der inneren Partien der äusseren Körnerschicht des gelben Fleckes und seiner nächsten Umgebung.

In der ganzen Retina enden also die Zapfenfasern zunächst an und in der Zwischenkörnerschicht, indem sie hier die radiäre Richtung aufgeben und in ein System feinster Fäserchen zerfallen, die auf dem Wege der letztgenannten Schicht flächenhaften Verlauf annehmen, und sich möglicherweise nach den verschiedensten Richtungen vertheilen. Es liegt auf der Hand, dass der Nachweis des directen Zusammenhanges eines Zapfens mit einer Zelle der inneren Körnerschicht, mit einer Ganglienzelle oder endlich einer Opticusfaser der innersten Retinaschicht hiernach zu den Unmöglichkeiten gehören dürfte.

Schon H. Müller fand die Zapfen der fovea centralis nicht nur schmaler sondern auch länger als die der Umgebung. Der Redner hat in einem früheren Vortrage in dieser Gesellschaft am 4. August 1865 nach einem von ihm glücklich durch die fovea centralis gelegten Schnitte eines in Müller'scher Flüssigkeit gehärteten enucleirten Bulbus (von Dr. Iwanoff erhalten, Enucleation wegen Staphylom) diese längeren Zapfen in situ in einer für die Physiologie der fovea centralis sehr interessanten Anordnung geschildert. Es zeigte sich an diesem Auge, durch dessen fovea zwei mit dem Pigment erhaltene Schnitte gelegt waren, diese fovea nicht nur gegen den Glaskörper concav, sondern die Linie der membrana limitans externa mit deutlicher Concavität gegen die Chorioides. Der auf diese Weise zwischen limitans externa und Pigment der fovea entstehende grössere Zwischenraum zeigte sich von den längeren Zapfen der fovea ausgefüllt, so natürlich, dass die Chorioidealenden der Zapfen sich convergirend einander zuneigten, also näher aneinander zu liegen kamen als ohne diese Anordnung möglich gewesen wäre. Der Redner, von dem gewiss naheliegenden Gedanken ausgehend, dass nicht die Zapfenkörper oder gar ihre zel-

ligen Anhänge in der äusseren Körnerschicht sondern die dem Pigment eingebetteten Chorioidealenden der Zapfen die percipirenden Stellen dieser Elemente seien, demonstrirte damals den aus dieser Anordnung für die feinere Gesichtswahrnehmung resultirenden Vortheil, wie er sich damals auch brieflich über diesen Fund in derselben Weise verschiedenen Freunden, namentlich Volkmann gegenüber ausgesprochen hat. Mittlerweile ist ein bemerkenswerther Aufsatz V. Hensen's in Virchow's Archiv Nov. 1865, Bd. XXXIV, p. 401 erschienen, in welchem in m. E. sehr einleuchtender Weise der Vortheil geschildert wird, der den physiologischen Betrachtungen über die Perceptionsfähigkeit der Retina daraus erwächst, wenn die Durchmesser der feinen peripherischen Enden der Zapfenstäbchen, nicht die der Zapfenkörper bei den Rechnungen zu Grunde gelegt werden. In der That, hebt der Vortragende hervor, ist der Vortheil den diese Betrachtungen bieten sehr erheblich. Denn nach den Messungen des Vortragenden an verschiedenen menschlichen Augen beträgt der Durchmesser des natürlichen Querschnittes des Zapfenstäbchens innerhalb der Pigmentschicht höchstens ein Fünftel des Durchmessers des Zapfenkörpers. Letzteren bestimmte ich früher zu 0,0025 mm. mit welcher Zahl die späteren Messungen von H. Müller 0,003 und von Welker 0,0033 nahezu übereinstimmen. Für die percipirenden letzten Enden der Zapfenstäbchen würde demnach jetzt der Durchmesser auf ungefähr 0,0005 mm. anzugeben sein. Fällt ein solches Zapfenstäbchen in den Zwischenraum des Retinabildes zweier Parallellinien so ist die Möglichkeit ihrer gesonderten Empfindung gegeben, denn hier und dort wird jede dieser Linien in der fovea auch auf Zapfenstäbchen fallen. Wenn dies auch nur in grösseren Unterbrechungen geschieht wegen der ansehnlichen von Pigment ausgefüllten Zwischenräume zwischen den Zapfenenden, so ist das, wie schon Hensen hervorhebt, kein Hinderniss für ihre Perception als Linien, da Gewöhnung und Augenbewegungen die Lücken leicht ausfüllen werden.

Hiernach sind die neuerdings von Volkmannn erhobenen Bedenken gegen das Ausreichen der Zapfen der fovea für die Erklärung der Wahrnehmung kleinster Distanzen nach der Ansicht des Vortragenden der Hauptsache nach erledigt.

Hensen hebt mit Recht hervor (l. c. p. 403), dass die Anordnung der Zapfen am gelben Fleck und in der fovea, d. h. wie die Querschnitte in der Fläche zu einander gelagert sind, nicht gleichgültig sein

könne. Da die Anatomie darüber bisher keinen Aufschluss gegeben, musste er das Bild, welches er von dieser Fläche zu entwerfen beabsichtigte, nach Willkühr zeichnen. Die gradlinige Anordnung verwarf er, weil er bei Beobachtungen der Linien der Nobert'schen Platte die aus solcher Anordnung nothwendig folgenden Mängel nicht auffinden konnte. Er wählte die krummlinige Anordnung als die Günstigste. Nach meinen Beobachtungen an drei frischen menschlichen Netzhäuten besteht diese krummlinige Anordnung der percipirenden Elemente am gelben Fleck ganz evident. Die Kreislinien, in welchen die Zapfen stehen, würden verlängert im Centrum der fovea zusammenstossen. In der fovea selbst kann aus naheliegenden Gründen die Fortsetzung der Kreislinien sich nicht continuirlich erhalten. Wegen ungünstiger Conservirung in zweien und wegen pathologischer Zustände der foveae in einem der drei Fälle war ich nicht im Stande alle Elemente derselben im Querschnitt in natürlicher Anordnung zu sehen. Jedenfalls findet auch in ihr eine krummlinige, wenn auch nicht mehr so regelmässige Anordnung wie in ihrem Umkreise statt. Auch die Stäbchen der peripherisch von der Macula lutea gelegenen Theile der Netzhaut sind streckenweis immer deutlich krummlinig angeordnet.

Bei Gelegenheit der Besprechung des feineren Baues des gelben Fleckes der menschlichen Retina warf der Vortragende die Frage auf nach der Ursache oder dem Nutzen der gelben Pigmentirung der zum schärfsten Sehen bestimmten Stelle. (Dass auch die fovea centralis trotz der geringen Dicke, welche die Retina hier besitzt, citronengelb bei durchfallendem Lichte erscheint, davon überzeugte sich der Vortragende an frischen menschlichen und Affenaugen.) Die natürliche Folge der gelben Färbung ist, da das Licht vor der Perception durch die gelbe Stelle hindurch gehen muss, eine Absorption eines grösseren oder geringeren Theiles der Strahlen des violetten Endes des Spectrums. Wie viel absorbirt wird, wäre durch das Experiment zu entscheiden. Frische menschliche oder Affen-Netzhäute standen mir in letzter Zeit zu diesem Zwecke nicht zur Disposition. Aber ähnlich dem gelben Fleck des Menschen- und Affen-Auges ist die ganze Retina der Vögel mit einem gelben Pigment durchsetzt. Dies ist aber kein in allen Schichten diffus verbreitetes sondern bekanntlich auf durchsichtige gefärbte Kugeln beschränkt, welche an der Grenze vom Zapfenkörper und Zapfenstäbchen sitzen, und kein weisses Licht neben sich durchlassen. Neben den gelben

Zapfen sind dann noch durch ähnliche Kugeln roth gefärbte Zapfen in der Vogelretina vorhanden, während die an Zahl hinter den Zapfen weit zurückstehenden Stäbchen ungefärbte Elemente darstellen. Es musste darauf ankommen zu entscheiden, welche dieser drei verschiedenen Elemente der Vogelretina die besten, für die empfindlichste Stelle geeignetsten seien. Nach H. Müller's Entdeckung besitzen manche Vögel eine oder gar zwei foveae centrales in ihrer Netzhaut. Was für empfindende Elemente hier zur Verwendung gekommen, ist noch nicht untersucht worden. Ich habe die Angelegenheit bei Falkenaugen vorgenommen und gefunden, dass die foveae centrales nur gelbe Elemente enthalten, denen sich in der Umgebung allmählig die beiden andern Arten, die farblosen und die rothen beigesellen.

Diese gelbpigmentirten Kugeln, welche offenbar einen ähnlichen Einfluss auf die percipirende Schicht der Retina ausüben müssen, wie das diffuse Pigment der macula lutea, untersuchte ich im blauen und violetten Lichte des Spectrums (Herr Dr. Preyer hierselbst stellte seinen Apparat zu diesem Behufe freundlichst zur Disposition) und auf dunklem Kobaltglas. Die Versuche mittels des letzteren ergaben das sehr bestimmte Resultat, dass die zahlreichen dunkelgelb pigmentirten Kugeln der Retina des Huhnes von dem durch jenes Glas geleiteten Strahlen nichts hindurchliessen, während die hellgelben auf dem Kobaltglas blau durchschienen. Die Versuche mit dem Spectralapparat sind zu wiederholen; sie konnten vorläufig nur des Abends ausgeführt werden, und ergaben unvollständige Resultate. Jedenfalls ist durch das Experiment bewiesen, dass durch das gelbe Pigment der Vogelretina, wo es intensiver auftritt, sehr viel blau absorbirt wird, und ist mit Sicherheit zu schliessen, dass etwas von dem blauen Ende des Spectrums auch in der macula lutea des menschlichen Auges absorbirt werde. Bekanntlich sieht der Mensch von dem violetten und ultravioletten Licht weniger, als durch Fluorescenz aus demselben deutlich gemacht werden kann. Da nun durch Versuche bewiesen ist, dass die Augenmedien nur zum allerkleinsten Theile Schuld sein können an der geringen subjectiven Helligkeit des Ultraviolett (Brücke, Donders, Rees), so ist zu erschliessen, dass diese geringe Helligkeit vielmehr in der Unempfindlichkeit der Netzhaut ihren Grund haben muss (Helmholtz, physiologische Optik pag. 233). Sollte diese »Unempfindlichkeit« nicht ganz einfach durch die gelbe Farbe der macula lutea, welche

durchstrahlt werden muss, ehe das Licht zur Perception kommt, ihre Erklärung finden?

Aber welches kann der Nutzen der gelben Farbe des empfindlichen Fleckes sein? Mit dem violetten Ende des Spectrums werden Strahlen absorbirt, welche man als die am stärksten chemisch wirkenden zu bezeichnen pflegt. Dass die gelben und rothen Pigmentkugeln in der Vogelretina »die chemisch wirksamen Farben« schwächen müssen, ist von Hensen mit Beziehung auf seine oben angeführte Ansicht, dass die peripherischen Theile der Zapfen die percipirenden seien, angedeutet worden (l. c. p. 405). Vergleicht man die menschliche Retina einer empfindlichen photographischen Platte, so wird unzweifelhaft die macula lutea als ein die Lichtwirkung abschwächender Schirm wirken müssen, und es fragt sich, ob nicht die Behaglichkeit, mit welcher wir einen fixirten Gegenstand betrachten, bei gleicher Helligkeit des einfallenden Lichtes und gleicher Farbe leiden würde, wenn die macula lutea farblos wäre, und ob wir ohne macula lutea nicht die Dämmerung dem Tageslicht vorziehen würden. Der Vortragende spricht die Vermuthung aus, dass im Gegensatz zum Auge des Falken, der nach den obigen Angaben nur gelbe Elemente in der fovea centralis besitzt, die Eule dieser an der entsprechenden Stelle ermangeln werde, und bedauert bisher keine lebende Eule zu dieser Untersuchung erhalten zu haben.

Aber auch nach einer anderen Richtung liesse sich ein Nutzen für das Auge aus der gelben Farbe der macula lutea erschliessen. Es ist möglich dass durch sie in nicht unerheblicher Weise die chromatische Aberration, von welcher das Auge bekanntlich nicht frei ist, corrigirt werde. Sehr erheblich ist freilich bei der geringen Intensität der gelben Farbe im menschlichen Auge die Menge der absorbirten blauen Strahlen schwerlich, da beim Hindurchsehen durch blaues Kobaltglas das Centrum des Gesichtsfeldes (der macula lutea entsprechend) nicht wesentlich dunkler erscheint als die Peripherie.

Nachtrag: War die oben angeführte Ansicht richtig, dass der Nutzen des gelben Fleckes und der gelben Pigmentkugeln in

den Zapfen der Vogel-Retina darin beruhe, die dem Auge wehe thuenden weil am stärksten chemisch wirkenden Strahlen zu absorbiren, so war vorauszusehen, dass die Retina eines allein in der Nacht auf Raub ausgehenden am Tage aber geblendeten Vogels wie der Eule der gelben Pigmentkugeln entbehren werde, um hier den chemisch wirkenden Strahlen ihre volle Intensität zu lassen. Der Vortragende hatte auf diesen Umstand aufmerksam gemacht, aber bisher keine Eule zur Untersuchung erhalten. Nachträglich ist ihm durch die zuvorkommende Bereitwilligkeit des Herrn Dr. Bodinus in Cöln die Untersuchung frischer Augen von Strix aluco möglich geworden. Eine fovea centralis oder gar zwei, wie sie der Falke besitzt, habe ich an diesen Augen nicht aufgefunden, aber mit dem grössten Erstaunen wahrgenommen, dass die ganze Eulenretina an gelben Pigmentkugeln sehr arm ist. Die rothen Kugeln fehlen gänzlich, und die gelben sind so blass und in grösseren Zwischenräumen zerstreut, dass man nach den bisherigen Vorstellungen vom Baue der Vogelretina in dem Eulenauge eine solche kaum wiedererkennt. Wir stehen nicht an, hiernach den Grund der ausserordentlichen Empfindlichkeit des Eulenauges für Tageslicht und seine Fähigkeit, in der Dämmerung besser als andere Vögel zu sehen, in den Mangel an gelbem und rothem Retinalpigment zu verlegen.

Bonn, Druck von Carl Georgi.

Verzeichniss der Mikroskope

aus dem Institute

von

G. & S. Merz, vormals Utzschneider & Fraunhofer in München.

A. Complete Mikroskope.

Mikroskop Nr. 1 mit Stativ Nr. 1, vertical feststehender, horizontal drehbarer Tisch, grobe*) und feine Bewegung am Tubus, Beleuchtung in und ausser der Axe, Doppelspiegel und Lupe für opake Gegenstände.

Das Instrument versehen mit 6 Objectivsystemen: 1", $^1/_3$", $^1/_9$", $^1/_{12}$", $^1/_{18}$", $^1/_{24}$", und 5 Ocularen gewährt eine 20—1800malige Durchmesser-Vergrösserung. Es besitzt ein Schraubenmikrometer welches noch 0,0001 eines Pariser Zolles messen lässt, einen Polarisationsapparat mit 2 Nicol's, ein Zeichnungsprisma und ein Compressorium. Das Ganze in elegantem Kasten.
Preis 420 fl. = 240 Thlr.

Mikroskop Nr. 2 mit Stativ Nr. 1, versehen mit 5 Objectivsystemen: 1", $^1/_3$", $^1/_9$", $^1/_{12}$", $^1/_{18}$" und 4 Ocularen gewährt es 20—1200 Vergrösserung. Beigegeben sind ein Ocular- und ein Objectiv-Glasmikrometer, ein Polarisations-Apparat, ein Zeichnungsprisma und ein Compressorium. Preis 280 fl. = 160 Thlr.

Mikroskop Nr. 3 mit Stativ Nr. 1, versehen mit 4 Objectivsystemen: $^1/_3$", $^1/_9$", $^1/_{12}$", $^1/_{15}$", und 3 Ocularen gewährt es 40—900 Vergrösserung. Beigegeben 1 Ocularglasmikrometer.
Preir 168 fl. = 96 Thlr.

Mikroskop Nr. 4 mit Stativ Nr. 2, vertical und horizontal feststehender Tisch, grobe*) und feine Bewegung am Tubus, Beleuchtung in und ausser der Axe.

Das Instrument versehen mit 2 Objectivsystemen: $^1/_3$", $^1/_{12}$", und 3 Ocularen gewährt 60—600 Vergrösserung.
Preis 70 fl. = 40 Thlr.

Mikroskop Nr. 5 mit Stativ Nr. 3, grobe*) Einstellung am Tubus, feine am Tische, Beleuchtung in der Axe.

Das Instrument hat 1 Objectivsystem: $^1/_{12}$", und 2 Oculare von 200 und 400maliger Vergrösserung. Preis 42 fl. = 24 Thlr.

Trichinen-Mikroskope: Stativ Nr. 3, Objectiv $^1/_6$" mit 60° Oeffnung, Ocular 1 und 2, Vergrösserung 120 und 240.
Preis $31^1/_2$ fl. = 18 Thlr.

---

*) Die grobe Einstellung nur bei Mikroskop Nr. 1 und Nr. 2 durch Trieb, bei Nro. 3—5 durch Schieben der Röhre aus freier Hand.

B. Mikroskopische Gegenstände.

Objectivsysteme.

Brennweite der aequiv. Linse.							
1", 1/2, 1/3"		Oeffnungswinkel 20°—40°	Preis	14 fl.	= Thlr.	8
1/6"		„ „ 100°	„	21 „	= „	12
1/9"	1/12"	„ „ 120°	„	28 „	= „	16
1/15"	gewöhnliche und	„ „ 140° 150°	„	42 „	= „	24
1/18"	systêmes à immersion	„ „	„	56 „	= „	32
1/21"	systêmes à immersion	„ „ 160°—170°	„	70 „	= „	40
1/24"		„ „	„	98 „	= „	56

Corrections-Fassungen erhöhen die Preise um je 14 fl. = 8 Thlr.

Oculare: Nr. 1, $1^1/_2$, 2, $2^1/_2$, 3, 4 pr. Stück: Preis $5^1/_4$ fl. = 3 Thlr.

Ocularmikrometer, Ocular sammt Mikrometer, ... „ 14 „ = 8 „

Objectivmikrometer, Millimeter in 100 Theile . . . . „ $10^1/_2$ „ = 6 „

Schraubenmikrometer . . . . „ 56 „ = 32 „

Polarisation-Apparate. . . . . . . „ 21 „ = 12 „

Compressorien . . . . „ $17^1/_2$ „ = 10 „

Lupen: Doubletten von 5, 12, 17, 24 und 32maliger Vergrösserung. . . . . . . „ $3^1/_2$ „ = 2 „

Bei Mangel an Referenzen Versendungen nur gegen Nachnahme.

München, den 1. Januar 1866.

Zur Anatomie und Physiologie der Retina.

Von

Max Schultze.

Hierzu Taf. VIII—XV.

Die Untersuchungen, welche ich im Nachfolgenden mitzutheilen gedenke, beziehen sich wesentlich auf den Unterschied zwischen den beiden verschiedenen Elementen der percipirenden Schicht der Retina, den Stäbchen und Zapfen. Nicht die Verschiedenheiten der Form, die der Hauptsache nach bekannt sind, erschienen mir dabei als das Wichtigste, vielmehr war es die ungleiche Art des Zusammenhanges mit den angränzenden Schichten der Netzhaut, auf deren Untersuchung ich den meisten Werth legen zu müssen glaubte, um auf diesem Wege Anhaltspunkte zur Beurtheilung der physiologischen Unterschiede von beiderlei Elementen zu gewinnen. Denn dass solche vorhanden sein müssen, kann Niemand bezweifeln, der auf die ungleiche Vertheilung beider Elemente in der Retina des Menschen achtet, an deren empfindlichster Stelle sich bekanntlich nur Zapfen vorfinden, während sonst die Stäbchen an Zahl überwiegen. Aber dies Verhältniss ist bisher ebenso unerklärt wie die merkwürdige Thatsache, dass in der Retina mancher Thiere nur Stäbchen (Rochen und Haie), in der anderer nur Zapfen (Schlangen und Eidechsen) vorkommen. So verstand es sich von selbst, dass ich einerseits als Untersuchungsobject die menschliche Netzhaut in ihren verschiedenen Regionen, namentlich auch die macula lutea mit der fovea centralis zu wählen, andrerseits alle möglichen Verschiedenheiten im Baue der Netzhaut der Thiere aufzusuchen hatte.

Um kein Mittel unversucht zu lassen, den Differenzen zwischen Stäbchen und Zapfen auf die Spur zu kommen, unternahm ich ferner das Studium der Entwickelungsgeschichte der Retina, namentlich der Stäbchen- und Zapfenschicht, und zwar wählte ich das Hühnchen, um, wie dies bei Säugethieren nicht zu erreichen gewesen wäre, Lücken in der Beobachtung möglichst zu vermeiden. Dieser Theil meiner Studien datirt aus dem Sommer 1862.

Die Schwierigkeit des Gegenstandes bringt es mit sich, dass ein ansehnliches Material, wie es von mir benutzt wurde, nicht in kurzer Zeit bewältigt werden konnte. So fallen denn meine Untersuchungen in den Zeitraum mehrerer Jahre. Dieselben schliessen sich unmittelbar an das Erscheinen meiner kurzen Abhandlung: Observationes de retinae structura penitiori (Bonn 1859) an. Sie wurden oft durch andere Arbeiten unterbrochen und konnten zur Zeit nicht immer der Wichtigkeit des gerade vorliegenden Materiales entsprechend zu Ende geführt werden. Ich habe desshalb Veranlassung genug, die geneigten Leser wegen vieler Mängel nachstehender Arbeit um Nachsicht zu bitten.

I. Die Zapfen und Stäbchen der Retina nebst den äusseren Körnern.

Bekanntlich hat die Entdeckung der Radialfasern der Retina durch H. Müller [1]) und die Reihe scharfsinniger Deductionen, welche Kölliker [2]) und H. Müller [3]) an diesen Fund knüpften, der Ansicht, dass die Stäbchen und Zapfen die letzten Enden der Fasern des nervus opticus darstellen, und somit die eigentlich percipirenden Elemente der Netzhaut sind, schnellen und allgemeinen Eingang verschafft. In der That erlauben die anatomischen Verhältnisse der

1) Zeitschrift f. wissensch. Zoologie Bd. III, 1851, p. 234.

2) Zur Anatomie und Physiologie der Retina in den Verhandl. der phys med. Ges. in Würzburg v. 3. Juli 1852. Bd. III p. 316. Mikroskopische Anatomie Bd. II. 1864 p. 690 ff.

3) Ebenda p. 336 und Bd. V, 1855 p. 411, endlich besonders Zeitschr. f. wiss. Zoologie Bd. VIII. 1857, p. 97. Diese letzte Hauptarbeit des leider so früh geschiedenen Heinrich Müller, welche ich im Folgenden häufiger zu citiren habe, soll der Kürze wegen immer mit „VIII" angeführt werden.

Retina keine andere Erklärung für das Zustandekommen des Sehactes. Es bedarf einer gewissen Summe empfindlicher Punkte in der Fläche, auf welche die brechenden Medien des Auges das reelle deutliche Bild der ausserhalb befindlichen Gegenstände werfen. Je grösser die Zahl dieser empfindlichen Punkte im gegebenen Raume ist, um so detaillirter wird das kleine Bild im Auge zur Perception gelangen. Welche Anordnung wäre zu diesem Zwecke geeigneter auszudenken als die der Elemente der Stäbchen- und Zapfenschicht, deren natürliche Enden ein Mosaik von kleinen, dicht nebeneinander liegenden Kreisen darstellen, ein jeder ein selbständig empfindender Ort im Raum, klein genug um ungefähr die Schärfe des Sehens, wie sie beim Menschen beobachtet wird, zu erklären. Wir haben hinreichenden Grund zu der Annahme, dass jede Sinneswahrnehmung in erster Instanz durch die Nervenenden zu Stande komme. Dass in der Opticusschicht der Retina, welche zunächst vom Licht bestrahlt wird, solche Nervenenden nicht existiren, kann als zweifellos gelten. Man musste also bis zur Ganglienzellenschicht vorschreiten. Diese bietet aber in ihrer Anordnung keine Anhaltspunkte für eine Theorie des Sehens. Es blieb nichts übrig als ihre Elemente nur als Durchgangspunkte für die Nervenfasern zu betrachten. Da entdeckte H. Müller die Radialfasern in der Retina, welche von den Opticusfasern bis in die unmittelbare Nähe der Stäbchen- und Zapfenschicht oder in diese selbst hineinreichen. Der Weg, durch welchen die Stäbchen und Zapfen als Nervenendapparate eingeführt werden konnten, war vorgezeichnet, und sofort fanden sich schlagende Gründe, dass nur sie es sein könnten, durch welche das Bild im Auge zur Perception gelange. Unter allen der überzeugendste dürfte in der von H. Müller gegebenen Theorie des bekannten Purkinje'schen Aderversuches liegen [1]). Da sich die Blutgefässe bis an die Zwischenkörnerschicht erstrecken, so bleiben zur Perception ihres Schattenbildes nur die äusseren Körner mit den Stäbchen und Zapfen zur Auswahl übrig. Dass letztere mit den äusseren Körnern in continuo stehen, wies H. Müller nach. Somit mussten die Stäbchen oder Zapfen oder beide zusammen die Nervenenden sein.

Der anatomische Beweis stellte sich schwieriger heraus als anfänglich gedacht worden. Es zeigte sich bei genauerer Untersuchung

1) Verhandl. der phys. med. Ges. zu Würzburg Bd. V, 1855, p. 411.

der Radialfasern, dass ein grosser Theil derselben oder, wie man sich auch zu helfen suchte, eine gewisse Strecke derselben nicht als Nervenfaser angesprochen werden durfte [1]). Gerade die offenbar am leichtesten erkennbaren Radialfasern boten Eigenthümlichkeiten ihres Baues und ihres Zusammenhanges, welche es unmöglich machten, sie als Nervenfasern aufrecht zu erhalten. Ihre dreieckigen oder besser platt kegelförmigen Anschwellungen an der membrana limitans interna hielt bald Niemand mehr für nervös, aber dieselben Fasern sah man bis in die innere und selbst äussere Körnerschicht hineinreichen, in der sie pinselförmig ausstrahlend mit den äusseren Körnern und durch sie mit den Stäbchen sich in Verbindung zu setzen schienen. So konnte denn die Reaction nicht ausbleiben, welche durch die Dorpater Schule repräsentirt wurde, von welcher wir unter der Anführung Bidders eine Reihe bekannter Arbeiten über die bindegewebige Grundlage der Centralorgane des Nervensystems und der Retina erhalten haben. Freilich wurde das Kind mit dem Bade ausgeschüttet, wenn Blessig [2]) wieder allein den Fasern der Opticusschicht der Retina die Bedeutung nervöser Elemente vindiciren wollte, alle anderen Theile dieser Haut aber als eine besondere Formation der Bindesubstanz ansprach. Die durch H. Müller und Kölliker begründete Theorie des Sehens vermittelst der Stäbchen und Zapfen war zu fest gestützt, als dass Blessig's extreme Ansichten Beifall finden konnten, die nebenbei auch vom rein histiologischen Standpunkte aus nicht zu rechtfertigen waren. Die Sache stand einfach so. In der Stäbchen- und Zapfenschicht liegen die percipirenden Nervenenden, daran ist nicht zu rütteln; da hier ausser den Stäbchen und Zapfen keine sichtbaren Elemente vorkommen, müssen diese selbst, entweder nur die eine Art derselben oder beide, die Nervenenden sein. An radialen Fasern, welche von den Stäbchen und Zapfen ausgehen, fehlt es nicht. Aber diese sind nur auf sehr kurze Strecken isolirt zu verfolgen. Dann scheinen sie sich mit den dickern radialen Fasern zu verbinden, welche in der membrana limitans interna endigen. Diese können aber mit ihren kegelförmigen, zur limitans sich verbreiternden Enden keine Nervenfasern sein.

---

1) H. Müller in den Verhandl. der phys. med. Ges. zu Würzburg 1853. Bd. IV p. 96 und l. c. Bd. VIII p. 99.

2) De retinae textura disquisitiones microscopicae Dorpati 1855.

Bei diesem Zustande konnte man sich nicht beruhigen. Jeder weitere Fortschritt in der Kenntniss der Retina zeigte sich abhängig von dem Gelingen einer scharfen histiologischen Sonderung der bindegewebigen und der nervösen Radialfasern. Der so gestellten Aufgabe unterzog ich mich und gab von meinen Untersuchungen einen Bericht in den observationes de retinae structura Bonn 1859. Mit Hülfe neuer Macerationsmethoden, namentlich der von mir zuerst eingeführten Benutzung der bis auf $^1/_{50}$ % verdünnten Chromsäurelösungen [1]) und stärkerer als bisher gebräuchlicher Vergrösserungen, welche unumgänglich nothwendig sind, wies ich nach, dass die von den Stäbchen ausgehenden radialen Fasern das Ansehen der feinsten marklosen Nervenfasern besitzen, während die dickeren Radialfasern, deren Limitans-Ende längst nicht mehr als Nervenfaser galt, in ihrer ganzen Länge Eigenthümlichkeiten ihres Baues darbieten, welche sie von den Nervenfasern scharf scheiden. Neben den letzteren, den radialen Stützfasern, konnte ich in allen Schichten der Retina die gesondert verlaufenden Nervenfasern demonstriren. Wenn es aber bei den radialen Stützfasern ein Leichtes ist, einzelne durch die ganze Dicke der Retina von der limitans externa bis zur interna zu isoliren, so stehen einer solchen Präparation für die radialen Nervenfasern unüberwindliche Hindernisse entgegen. Die leichte Zerstörbarkeit derselben wäre durch passende Erhärtungs- und Macerationsmittel vielleicht zu überwinden. Ich überzeugte mich aber bald, dass die Nervenfasern keinen streng radialen Verlauf durch die ganze Dicke der Retina einhalten. Denn es gelang mir nie, eine von dem Stäbchenkorn innerhalb der äussern Körnerschicht ausgehende Faser weiter als bis zur Zwischenkörnerschicht, oder eine Nervenfaser der inneren Körnerschicht durch die moleculäre in die Ganglienzellenschicht zu verfolgen. Der Grund davon liegt in dem manche Retinaschichten charakterisirenden verworrenen Verlauf der Nervenfasern unter innigen Verbindungen dieser letzteren mit einem feinspongiösen Bindegewebe, aus welchem sie nie auf längere Strecken isolirt werden können. Hier galt es die Untersuchungen weiter zu führen. Aber noch ein anderer sehr wichtiger Punkt hatte in meiner Arbeit unerledigt bleiben müssen. Was für die Stäbchenfasern sicher erreicht war, der Beweis ihrer nervösen Natur, war bei den Zapfenfasern unerreicht geblieben. Die Un-

1) Vgl. Monatsbericht der Berliner Academie der Wissenschaften 1856 p. 511.

tersuchung hier von Neuem aufzunehmen bot um so mehr Reiz, als von vorneherein ein wesentlicher funktioneller Unterschied zwischen Zapfen und Stäbchen für wahrscheinlich gehalten werden musste, und bereits Andeutungen bekannt geworden waren, dass die von den Zapfen ausgehenden Fasern von den entschieden nervösen Stäbchenfasern wenigstens in ihrer Dicke abweichen. Es handelt sich dabei um solche Unterschiede, dass ich längere Zeit dazu neigte, die Zapfenfasern vieler Thiere und die der peripherischen Theile der menschlichen Retina für bindegewebige Stützfasern der äusseren Körnerschicht zu halten. Diese Fasern enden nämlich, wie schon H. Müller z. B. bei Fischen abbildet und wie Fig. 10 auf Tafel XI nach einer von mir schon im Jahre 1860 gefertigten stark vergrösserten Zeichnung von der Retina des Barsches (perca fluviatilis) darstellt, mit kegelförmigen Anschwellungen an der Zwischenkörnerschicht. Von dieser Stelle sah ich feine Fäserchen ausgehen, welche sich in das bindegewebige Netzwerk der letztgenannten Schicht zu verlieren und mit ihm in einem Zusammenhang zu stehen schienen, etwa wie die radialen Stützfasern mit der limitans interna. Dies veranlasste mich, vorläufig an der nervösen Natur der Zapfenfasern zu zweifeln[1]). Bei diesen Betrachtungen liess ich die wie verschmälerte Zapfen aussehenden empfindlichen Elemente der fovea centralis der menschlichen Retina ausser Acht, da mir eine Isolirung der von ihnen ausgehenden Fasern nicht gelingen wollte, an ihrer nervösen Natur aber nicht gezweifelt werden durfte, insofern sie an der betreffenden Stelle die einzigen Elemente in der percipirenden Schicht der Netzhaut sind. Somit stand über den Unterschied von Stäbchen und Zapfen nur so viel fest, dass die von ihnen ausgehenden, die äussere Körnerschicht durchsetzenden Fasern in ihrer Dicke sehr verschieden seien, während jeder Versuch, der funktionellen Verschiedenheit von beiderlei Retinalgebilden auf die Spur zu kommen, vorläufig aufgegeben werden musste, da nicht einmal mit Sicherheit festzustellen war, ob die Zapfen der peripherischen Theile der Retina zu identificiren seien mit den sicher nervösen Zapfen der fovea centralis. Unter diesen Umständen musste es vor allen Dingen versucht werden, die von den Zapfen ausgehenden Fasern in der macula lutea und fovea centralis des menschlichen Auges genauer kennen zu lernen. Längere Zeit hindurch verarbeitete ich hierauf

1) Reichert und du Bois Reymond's Archiv etc. 1861, p. 785.

das mir von mehreren Seiten freundlichst überwiesene Material [1]) ohne erwünschten Erfolg. Die Augen stammten entweder von relativ früh zur Section gekommenen Leichen oder waren wegen Erkrankungen im Leben exstirpirt; diese freilich alle mit mehr oder weniger erkrankter Retina. Als Macerations- und Erhärtungsflüssigkeiten bediente ich mich vorzugsweise der sehr dünnen Chromsäurelösungen und der Müller'schen Mischung von kali bichromicum und kali sulphuricum. Aber weder die besten Schnittpräparate durch die fovea centralis noch Zerzupfungen unter der Lupe führten zu genügenden Isolirungen. Nur das unter den obwaltenden Umständen immerhin schon wichtige Resultat liess sich feststellen, dass die äusseren Körner, welche sich gewöhnlich, wie schon H. Müller fand, scharf in Stäbchen und Zapfenkörner unterscheiden lassen, nicht nur an der macula lutea, sondern auch in der fovea centralis alle die Form echter Zapfenkörner haben. Es konnte daraus mit einiger Wahrscheinlichkeit geschlossen werden, dass eine wesentliche Verschiedenheit in der Natur der Zapfen der fovea centralis und der peripherischen Theile der Retina nicht bestehe, dass vielmehr die Verschmächtigung derselben den vielleicht einzigen Unterschied darstelle. Bezügliche Präparate aus einer etwa 8 Tage in Müller'scher Flüssigkeit aufbewahrten, daher noch ziemlich weichen und zum Zerzupfen geeigneten Retina des Menschen habe ich in Fig. 9—12 auf Taf. X abgebildet, von denen Fig. 9 der Umgebung der macula lutea, Fig. 12 dem Rande der fovea centralis entnommen ist; a bezeichnet überall die limitans externa, unter welcher in Fig. 9 und 10 ausser den Zapfenkörnern auch Stäbchenkörner, freilich nicht mehr in Verbindung mit den Stäbchen, zu sehen sind, während Fig. 11 und 12, wie sie über der limitans externa nur Zapfen zeigen, unter derselben auch nur Zapfenkörner darbieten. Die ausserordentlich langen Zapfenfasern waren aber durch das Erhärtungsmittel derart unter einander verklebt, dass sich gar kein Urtheil über ihre natürliche Beschaffenheit gewinnen liess. Auffallender Weise bot die macula lutea, von welcher die Zeichnungen entnommen sind, eine Abweichung vom Gewöhnlichen insofern dar, als die schiefe Faserung der äusseren

---

1) Zu besonderem Dank bin ich verpflichtet den Herr Dr. Saemisch, Obernier und Iwanoff zu Bonn, Dr. Mooren zu Düsseldorf, Dr. Max Müller in Cöln.

Körnerschicht, welche sonst an der macula lutea vorkommt, und von der unten ausführlicher die Rede sein wird, hier fehlte. Das Auge, dem die Retina entstammte, war von Dr. Saemisch hierselbst wegen intercalarem Staphylom exstirpirt worden, zeigte eine tiefe Excavation der Eintrittsstelle des Sehnerven und demnach wie gewöhnlich Atrophie der Opticusschicht und Ganglienzellen. Die Stäbchen und Zapfen waren am Orte des directen Sehens von normalem Aussehen, nach der Peripherie aber in ihren an die limitans externa stossenden körnigen inneren Hälften pathologisch verändert, geschrumpft und zur Ablösung geneigt. Die Resultate waren aber auch an anderen in Müller'scher Flüssigkeit conservirten Augen, an denen die schiefe Faserung deutlich vorhanden war, nicht günstiger.

Um die Vortheile möglichst frisch in conservirende Flüssigkeiten eingelegter Netzhäute besser ausbeuten zu können, liess ich mir einige Zeit hindurch von verschiedenen zoologischen Gärten Affenaugen kommen, denen bekanntlich eine fovea centralis wie dem Menschen eigen ist. Dieselben wurden an Ort und Stelle gleich nach dem Tode in von mir angegebene Lösungen gebracht. Mit besonderm Danke muss ich hier der Unterstützung gedenken, welche mir in dieser Beziehung in Berlin Prof. Peters, in Amsterdam Prof. Berlin, in Paris Herr Hartnack, in Cöln Dr. Bodinus angedeihen liessen. Das aber, worauf es mir wesentlich ankam, die Isolirung und das genaue Studium der von den Zapfen der fovea ausgehenden Fasern, wollte an diesen Präparaten so wenig wie an den menschlichen gelingen.

Der einzige Forscher, dem es neuerdings geglückt ist, die Zapfenfasern der menschlichen Retina zu isoliren, scheint Henle zu sein, der dieselben nach Alkohol-Präparaten als platte und glänzende, 0.0015 Mm. dicke Fasern schildert[1]), die, nachdem sie die ganze Dicke der äusseren Körnerschicht durchsetzt haben, an der Zwischenkörnerschicht (Henle's äussere granulirte Schicht) mit eigenthümlicher Anschwellung von kolbiger oder kegelförmiger Gestalt endigen. Welche weitere Verbindung sie hier etwa eingehen, blieb Henle dunkel. Aber gerade an der macula lutea und der fovea centralis gelang auch ihm die Isolirung dieser Fasern am wenigsten. Hier ist es Henle's äussere Faserschicht, an welche die kegelförmigen Enden angrenzen und in welche Fortsätze derselben übergehen

1) Nachrichten v. d. Königl. Ges. d. Wiss. zu Göttingen, November 1864, Nr. 15. p. 321. Handbuch der systemat. Anatomie Bd. II, 1866, p. 650.

sollen. Diese Angaben sind aber, wie unten gezeigt werden wird, unvollständig und irrthümlich.

Mittlerweile hatte ich mich mit dem günstigen Einfluss der Lösungen von Ueberosmiumsäure auf die Conservirung der Retinalelemente bekannt gemacht [1]) und beschlossen, die erste günstige Gelegenheit zur Untersuchung der macula lutea mittelst dieser Lösungen zu benutzen. Diese Gelegenheit bot sich in der erwünschtesten Weise, indem mir ein vollkommen normaler menschlicher Bulbus eine halbe Stunde nach der Exstirpation in die Hände kam. Prof. Busch hatte die Operation wegen eines tief in die Augenhöhle vordringenden Cancroids der Lider ausführen müssen und die Güte mir den Augapfel zu senden. Ich öffnete das Auge in einem Schälchen mit Jodserum und benutzte die Retina zunächst zur Untersuchnng des Zapfenmosaiks am gelben Fleck. Sodann wurden verschiedene Stücke der Retina in Lösungen der Ueberosmiumsäure gelegt. Diesen Präparaten verdanke ich in erster Linie die Kenntniss der Stäbchen- und Zapfenfasern des Menschen, wie sie in Folgendem geschildert werden soll. Offenbar ist der günstige Erhaltungszustand derselben allein dem seltenen Glücke zuzuschreiben, dass der Bulbus noch warm in meine Hände gelangte. Denn ich überzeugte mich später, dass selbst wenige (3—4) Stunden nach dem Tode exstirpirte Bulbi, wie ich sie mehrfach zu untersuchen Gelegenheit hatte, ganz unbrauchbar zum Studium der Stäbchen- und Zapfenfasern sein können, während ich allerdings in einigen Fällen auch in Leichenaugen Andeutungen der Fasern auffand. Jedenfalls dürfte die Art und der Verlauf der Krankheit einen grossen Einfluss auf die Conservirung zartester nervöser Retinalelemente nach dem Tode haben, wie dies für das Gehirn längst anerkannt ist. Auf solche Verschiedenheiten des Erhaltungszustandes, abhängig von der Todesart werden meines Erachtens sich auch einige der von Henle gemeldeten individuellen Verschiedenheiten zurückführen lassen, welche er an scheinbar gleich gut conservirten menschlichen Netzhäuten beobachtete [2]).

1. Mensch.

Ich beginne die Darstellung dessen, was mir die Ueberosmiumsäure-Präparate der frischen menschlichen Netzhaut an der äusseren Körnerschicht gelehrt haben, mit der Erläuterung der Figur 1 auf

1) Vergleiche mein Archiv f. mikr. Anat. Bd. I p. 299.

2) Nachrichten v. d. Königl. Ges. d. Wissensch. zu Göttingen, November 1864, Nr. 15, p. 306.

Taf. X, welche einer etwa im Aequator des Auges gelegenen Partie der Netzhaut entnommen ist und als Paradigma für die sogenannten peripherischen Theile der Retina gelten kann, den Ausdruck im weitesten Sinne genommen, wobei nur die macula lutea und ihre nächste Umgebung ausgeschlossen ist. Die Zeichnung ist keinem Schnitt-, sondern einem Zerzupfungspräparat entnommen und keine schematische. Die in Lösungen der Ueberosmiumsäure von $\frac{1}{2}-\frac{1}{10}$ % macerirten und erhärteten Netzhäute spalten sich bei Berührung mit Nadeln auf das Leichteste in dünne Blätter nach der Richtung der Radialfasern, und diese sind selbstverständlich als natürliche Spaltungsproducte viel werthvoller wie dünne Schnitte. Auf dieselbe Weise sind alle nach Ueberosmiumsäure-Präparaten gezeichneten Durchschnittsbilder erhalten. Die Figur 1 zerfällt durch die Linie a a in einen oberen und unteren Theil. Es ist die membrana limitans externa, welche die Zapfen und Stäbchen c und b von den Zapfen- und Stäbchenkörnern, welche zusammen die äussere Körnerschicht darstellen, trennt. Erstere zeigen die bekannten Innen- und Aussenglieder, welche sich aber an den Stäbchen schärfer absetzen als an den Zapfen, an welchen letzteren, auch wenn die Stäbchen vollkommen gut erhalten sind, immer Schrumpfungserscheinungen auftreten, welche es auch in unserem Falle zweifelhaft machen, wie lang die sogenannten Zapfenstäbchen eigentlich im natürlichen Zustande gewesen seien. Die Ueberosmiumsäure verändert auch meist die Aussenglieder der Stäbchen etwas. Es sind Krümmungen, Biegungen, quere Spaltungen, welche an ihnen, verschieden je nach der Concentration auftreten. Ich habe diese Theile wie im frischen Zustande gezeichnet. An alle Zapfenkörper schliesst sich unmittelbar unter der limitans externa ein kernhaltiger Anhang von etwa demselben Durchmesser wie ersterer an, von diesem durch eine etwas verschmälerte Partie geschieden. Der Kern füllt diesen Anhang vollständig aus, ist kuglig oder ein wenig zur Eiform abweichend und zeigt in seiner homogenen Substanz ein glänzendes, relativ grosses Kernkörperchen. Aus diesem Zapfenanhang, dem Zapfenkorn der Autoren, entwickelt sich nach abwärts ein blasser Faden von cylindrischer Gestalt, vollkommen glatter Oberfläche und ansehnlicher bis zu 0,003 Mm. betragender Dicke, welcher ohne sich zu theilen oder feine Seitenästchen abzugeben bis zur unteren Grenze der äusseren Körnerschicht verläuft und hier, dicht über der Zwischenkörnerschicht eine kegelförmige Anschwellung bildet, mit welcher

er scheinbar aufhört. Aus der Basis dieser Anschwellung, welche auf der Zwischenkörnerschicht gewissermassen aufruht, entwickeln sich in verschiedener Zahl sehr feine Fäserchen, welche ich an isolirten Zapfenfasern, wie eine solche bei 1000maliger Vergrösserung in Fig. 8a gezeichnet ist, immer kurz abgerissen endigen, in situ dagegen sich an der horizontalfaserigen Zwischenkörnerschicht verlieren sah. Die Verbindung ist hier eine solche, dass der Eindruck eines directen Ueberganges dieser feinen Fäserchen in die flächenhafte Faserung der Zwischenkörnerschicht entsteht. Die Faser des stark vergrösserten Zapfens Fig. 8 zeigt, was sehr bemerkenswerth ist, eine deutliche Längsstrichelung. Bei einem gewissen Erhaltungszustande war diese Strichelung constant zu bemerken, und setzte sich bis in die Zapfenkörper fort, freilich unterbrochen durch den kernhaltigen Theil des Zapfens (Fig. 8a). In diesem Falle schienen, wie die Figur zeigt, auch die ganzen Zapfenkörper wie aus feinen parallelen Längsfasern zusammengesetzt. Die Zapfenstäbchen zeigten sich leider stark geschrumpft. Im Verlaufe einzelner Zapfenfasern kamen an gewissen sehr weichen Präparaten Anschwellungen vor, einseitige Ausbuchtungen oder spindelförmige Varikositäten. Die mittlere von den drei in Fig. 1 abgebildeten Zapfenfasern ist durch eine solche Verdickung in der Mitte ausgezeichnet.

Der Raum zwischen den die äussere Körnerschicht durchsetzenden Zapfenfasern ist ausgefüllt von einer grossen Zahl dicht gedrängt liegender kleiner Zellen, welche alle mit Stäbchen in Verbindung stehen. Bei einzelnen derselben, welche zwischen den Zapfenkörnern sich dicht an die limitans externa anschliessen, ist dieser Zusammenhang mit den Stäbchen durch kurze dicke Brücken vermittelt und leicht sichtbar, bei denjenigen aber, welche tiefer in der Zwischenkörnerschicht liegen, und deren ist die weit grössere Zahl, kommt die Verbindung auf dem Wege äusserst feiner Fäden zu Stande, welche um so länger sind, je näher die Zelle der Zwischenkörnerschicht gelagert ist. Ebensolche feine Fasern, wie sie die Verbindung mit den Stäbchen vermitteln, entspringen aber auch aus dem entgegengesetzten, unteren Ende der eiförmigen Zellen. Diese Fasern streben zur Zwischenkörnerschicht, an welcher sie in einer Höhe mit der kegelförmigen Zapfenfaseranschwellung mit ovalen Knöpfchen endigen. Sonach gleicht jedes dieser Stäbchenkörner, wie wir mit H. Müller diese Zellen im Gegensatz zu den Zapfenkörnern nennen wollen, einer bipolaren Ganglienzelle mit einem central (zur Zwischenkörnerschicht)

und einem peripherisch (zu den Stäbchen) verlaufenden Faden, deren Länge zusammen mit dem Zellenkörper der Entfernung zwischen limitans externa und Zwischenkörnerschicht gleicht. Der peripherische Theil muss sich auf ein Minimum verkürzen, wenn das Stäbchenkorn an die limitans externa stösst, ebenso der centrale Faden, wenn die Entfernung zwischen Stäbchenkorn und Zwischenkörnerschicht schwindet. Die Zellenkörper bestehen aus einem kugligen homogenen Kern mit kleinem glänzenden Kernkörperchen und einer ausserordentlich dünnen Rinde einer kaum körnigen, staubartig trüben Zellsubstanz, welche mit voller Deutlichkeit aber nur am oberen und unteren Ende des Kernes, wo sich der zarte Faden auszieht, sichtbar ist (vergl. Fig. 8 b' bei 1000maliger Vergrösserung).

Die feinen Fasern, welche von den Stäbchen und Stäbchenkörnern ausgehen, sind, wie die Abbildung zeigt, mit Varikositäten versehen, von der charakteristischen Form, wie sie isolirte feine Fasern der Opticusschicht der Retina bei gewissen Behandlungsmethoden in so ausgezeichnetem Grade zeigen (vergl. meine Observationes de retinae structura etc. Fig. 2). Wie diese Varikositäten durch dünne Lösungen der Chromsäure von $^1/_{25}$ — $^1/_{50}$ % hervorgerufen werden, entstehen sie auch in solchen Lösungen der Ueberosmiumsäure, in denen die Erhärtung gegen die Maceration zurücktritt. Wie immer so sind sie auch hier das erste Stadium der beginnenden Quellung, deren höhere Grade zur Auflösung führen. Eine Isolirung der feinen varikösen Fasern auf längere Strecken, wie an dem abgebildeten Präparate, ist natürlich nur nach Entfernung eines Theiles der äusseren Körner wie eine solche an Zerzupfungspräparaten sich oft von selbst vollzieht, möglich. Sehr eigenthümlich ist das Ende dieser Fasern an der oberen Grenze der Zwischenkörnerschicht. Dasselbe ist repräsentirt einfach durch eine spindelförmige Anschwellung, etwas grösser und schärfer contourirt als sie im Verlaufe der Fäden als Varikositäten vorkommen. Manche derselben enthalten kleine Vacuolen im Innern, d. h. kuglige Räume, welche mit einer das Licht schwächer brechenden Substanz erfüllt zu sein scheinen.

Ausser den Stäbchen- und Zapfenkörnern habe ich an den beschriebenen Präparaten menschlicher Netzhaut keine Zellen oder Kerne in der äusseren Körnerschicht wahrgenommen. Es stimmt das auch mit den später zu erwähnenden an Thieraugen gewonnenen Resultaten, nach denen ich alle zelligen oder kernartigen Elemente der äusseren Körnerschicht als in Verbindung mit Stäbchen oder

Zapfen stehend annehmen muss. Ausläufer der radialen Stützfasern, die sonst in der menschlichen Netzhaut innerhalb der äusseren Körnerschicht nicht fehlen, waren an dem sehr bald nach dem Einlegen untersuchten und noch sehr wenig erhärteten Präparat, dem die Abbildung entnommen ist, nicht zu isoliren. Gefesselt durch die überraschende Klarheit der Stäbchen- und Zapfenfasern habe ich auch auf die etwa vorhanden gewesenen Andeutungen der radialen Stützfasern zuerst nicht Acht gegeben. Das Präparat hielt sich aber nicht lange, denn schon am folgenden Tage hatte die fortgesetzte Maceration die Stäbchen- und Zapfenfasern durch Quellung vernichtet. Offenbar hatte ich eine Concentration der Ueberosmiumsäurelösung gewählt, welche bereits zur Zeit der Untersuchung Quellungserscheinungen hervorgerufen hatte. Denn nur so erklären sich, wie erwähnt, die Varikositäten der Zapfen- und Stäbchenfasern, vorausgesetzt, dass sie den Varikositäten entsprechen, welche dünne Chromsäurelösungen an den Opticusfasern der Retina erzeugen, woran zu zweifeln kein Grund vorliegt. Ich will schon hier bemerken, dass man in stärkeren Lösungen der Ueberosmiumsäure die Stäbchenfasern auch ohne Varikositäten conserviren kann, wobei sie aber meist schnell so brüchig werden und mit dem zugleich erhärteten bindegewebigen Stützapparat verschmelzen, dass an eine Isolirung auf längere Strecken, wie in der Fig. 1 nicht mehr zu denken ist. Auf Grund der beschriebenen Varikositäten, welche ganz mit denen der feinsten Opticusfasern der Retina übereinstimmen, und weil sie die einzigen Fasern sind, welche von den Stäbchen ausgehen, rechne ich auf die Zustimmung des geneigten Lesers, wenn ich die Stäbchenfasern mit aller Entschiedenheit für Nervenfasern erkläre. Wofür werden aber die Zapfenfasern zu gelten haben? Durch die kegelförmige Anschwellung an der Zwischenkörnerschicht erhalten sie eine gewisse oberflächliche Aehnlichkeit mit den radialen Stützfasern, welche an der limitans externa endigen. Nichts kann verschiedener sein, als das Ansehen der beiden Faserarten in ihrem Verlaufe. Die Stützfasern hängen überall mit dem spongiösen Zwischengewebe der Netzhaut zusammen, geben zu demselben Aeste ab, und je besser sie conservirt sind, um so rauher ist ihre Oberfläche. Die Zapfenfasern sind vollkommen glatt und senden kein einziges Seitenästchen ab. An dem abgebildeten Präparate waren die Stützfasern gar nicht oder nur sehr unvollständig sichtbar, die Zapfenfasern aber mit einer unübertrefflichen Klarheit isolirbar. Also müssen auch wohl chemische Verschiedenheiten vorhanden sein.

Die Zapfenfasern haben nach Lichtbrechung, Glätte der Oberfläche und innerer Bildung ganz das Ansehen breiterer Axencylinder, wie sie aus markhaltigen Nervenfasern isolirt werden können, oder frei als die dickeren Fasern in der Opticusschicht der Retina vorkommen. Diese Aehnlichkeit wird noch grösser, wenn man die oben erwähnte öfter beobachtete zarte Längsstrichelung berücksichtigt, welche manche der am besten conservirten Zapfenfasern darboten. Dieselbe erinnert ganz an die ähnlichen Vorkommnisse an breiteren Axencylindern. Wir wir Ursache haben, solche als ein Bündel feinster Fasern anzusprechen, sofern sie aus einer fibrillär gespaltenen Ganglienzellen-Rinde sich erheben [1]), oder gar aus verschiedenen Ganglienzellen ihren Ursprung nehmen; so könnten wir die Zapfenfasern dann auch als eine Summe feiner Elementarfasern auffassen, wobei der ebenfalls fibrillär gebildete Zapfenkörper der fibrillären Rinde der Ganglienzellen der Centralorgane des Nervensystemes entsprechen würde. Andererseits ist bewiesen, dass die Zapfenfaser an der Zwischenkörnerschicht wirklich in eine Anzahl feiner Fäserchen zerfällt, oder wenn wir den natürlichen Weg vom Centrum nach der Peripherie verfolgen, sich vielmehr aus einer gewissen Zahl feinster Fäserchen zusammensetzt. Diese müssen also einen wichtigen Bestandtheil der Zwischenkörnerschicht bilden. In der That ist hier, wie bereits erwähnt, eine dichte Ansammlung feinster flächenhaft ausgebreiteter Fäserchen vorhanden, welche verschieden sind von dem die Grundlage dieser Schicht bildenden spongiösen Bindesubstanznetz. Bei der enormen Feinheit dieser Fäserchen und der Schwierigkeit, sie zu isoliren, ist es schwer, genauere Angaben über sie zu machen. An unserer menschlichen Retina gelang es mir aber an abgerissenen Enden öfter, kurze Strecken der feinen Fäserchen isolirt wahrzunehmen und mich zu überzeugen, dass sie sowohl an Feinheit als in der Neigung kleine spindelförmige Varikositäten zu erhalten, feinsten Nervenfasern und speciell den Stäbchenfasern der äusseren Körnerschicht ähnlich sehen, welche letztere sie jedoch an Feinheit noch übertreffen. Dickere Fasern ähnlich den Zapfenfasern kommen in der Zwischenkörnerschicht nicht vor, weder in flächenhaftem noch in radiärem Verlauf.

Est ist bekannt, dass sich die menschliche Retina nach dem

---

1) Vergl. meine Vorrede zu Deiters Untersuchungen über Gehirn und Rückenmark, Braunschweig 1865, p. XV.

gelben Fleck zu allmählich verdickt, und dass diese Verdickung zunächst den Zwischenraum zwischen limitans externa und Zwischenkörnerschicht betrifft, inclusive der letzteren nach H. Müller, exclusive derselben meinen Angaben zufolge.

Was H. Müller eine Verdickung der Zwischenkörnerschicht am gelben Fleck nannte, kann dieser Schicht nicht zugerechnet werden, sondern gehört der der äusseren Körner an und stellt eine zellenarme aber faserreiche innere Partie derselben dar [1]). Henle führt neuerdings für diese Dickenzunahme der Netzhaut am gelben Fleck eine ganz neue Schicht ein, seine äussere Faserschicht [2]), welche anfangs aus radialen, später, an der macula lutea selbst, aus den bekannten liegenden oder schiefen Fasern besteht. Das Verhältniss ist folgendes. Während die Zwischenkörnerschicht nach dem gelben Fleck zu keine Veränderung ihrer Dicke zeigt (vergl. Taf. X Fig. 1—4 dd, Taf. XIII Fig. 1 dd), vergrössert sich allmählich der Raum zwischen a und d, welcher der äusseren Körnerschicht angehört. Dabei nehmen die äusseren Körner an Zahl nicht zu, sie bleiben dicht gehäuft, wie sie es vorher waren, unter der limitans externa und soweit nach innen, als sie Platz brauchen. Während aber vorher die Stäbchenkörner bis zur Zwischenkörnerschicht (Taf. X Fig. 1 dd) herabreichten, bleibt jetzt (Fig. 2) ein Raum oberhalb der Zwischenkörnerschicht von Stäbchenkörnern frei, welcher nur von Stäbchen- und Zapfenfasern eingenommen wird. Dieser Raum kann zu derselben Dicke und darüber anwachsen, wie der von den Stäbchen- und Zapfenkörnern eingenommene. Aus Raumersparniss ist in Fig. 2 nur der Anfang dieser Dickenzunahme der äusseren Körnerschicht, nicht das Extrem abgebildet. Die Stäbchen- und Zapfenfasern ziehen hier in derselben Richtung weiter, wie sie entsprangen, nichts Neues oder Eigenthümliches lagert sich zwischen dieselben als nur das reticuläre Bindegewebe. Alles ist geblieben wie vorhin, auch die Endigungsweise der Stäbchen- und Zapfenfasern an der äusseren Grenze der Zwischenkörnerschicht, nur die Länge der Stäbchen- und Zapfenfasern hat zugenommen. Da die Stäbchen- und Zapfenkörner sich nicht gleichmässig auf den erweiterten Raum vertheilen, so entsteht eine körnerlose innere Abtheilung der äusseren Körner-

---

1) Verhandl. d. niederrh. Ges. f. Natur- und Heilkunde v. 3. Juli 1861. Reichert und du Bois Reymond's Archiv etc. 1861, p.

2) Nachrichten v. d. Ges. d. Wiss. z. Göttingen Nov. 1864, No. 15, p. 313.

schicht. In dieser beginnen nun sehr bald die Stäbchen- und Zapfenfasern von der rein radiären Richtung abzuweichen. So lange noch Körner zwischen ihnen liegen, also in der Nähe der limitans externa, ziehen sie gerade nach einwärts, in der körnerlosen Partie angekommen biegen sie der ora serrata zu, also in meridionaler Richtung, vorwärts ab, und erreichen somit erst nach einem kleinen Umweg die obere Grenze der Zwischenkörnerschicht (Fig. 3 Taf. X). Diese Veränderung nach dem gelben Fleck zu lässt sich in jedem nach der fovea centralis als hinterem Pole gezogenen Meridian der Retina beobachten.

Mittlerweile hat in der Stäbchenschicht die Zahl der Zapfen auf Kosten der Stäbchen zugenommen wie schon in Fig. 3 und weiter in Fig. 4 sichtbar ist. Dadurch rücken an der limitans externa die Zapfenkörner dichter zusammen, während Stäbchenkörner nur noch in geringer Zahl unter ihnen vorkommen. Die Zahl der äusseren Körner nimmt also ab, die Dicke der ganzen Schicht aber immer noch eher zu als ab. Dies kommt also der faserigen inneren Abtheilung der äusseren Körnerschicht zu gute. In dieser nehmen denn die Stäbchen- und Zapfenfasern, und endlich wenn die Stäbchen ganz geschwunden sind, wie am gelben Fleck selbst (Fig. 5 und 6), die Zapfenfasern allein eine wahrhaft enorme Länge an. In Fig. 4 konnte ich noch einen Theil derselben auszeichnen, die sich anschliessenden Figg. 5 und 6 hätten aber, wenn die Länge der Zapfenfasern in richtigem Verhältniss hätte angegeben werden sollen, weit über die Länge der ganzen Tafel ausgedehnt werden müssen. Hier gelang mir nun auch ihre Isolirung nicht mehr vollständig, so dass eine genaue Bestimmung der Länge derselben nicht ausführbar war. Ich glaube nicht zu irren, wenn ich die Länge einzelner Gruppen derselben auf das 6—8fache der in Fig. 4 abgebildeten schätze.

Der Charakter der Zapfenfasern hat sich bei dieser enormen Zunahme an Länge sonst nicht geändert. Es sind dieselben blassen, glatten, Axencylindern ähnlichen Fasern, wie wir sie an den peripherischen Theilen der Retina kennen lernten. Ebenso ist die Art ihrer Endigung an der oberen Grenze der Zwischenkörnerschicht dieselbe geblieben. Zu hunderten konnte ich an abgelösten Partien der Zwischenkörnerschicht die anhängenden kegelförmigen Enden der Zapfenfasern ansitzen sehen. Die Verbindung ist eine ziemlich innige und spricht ganz dafür, dass die feinen Fasern, welche aus

der Kegelbasis hervortreten, der flächenhaften Faserung der Zwischenkörnerschicht sich beimischen. Ebenso sind die Stäbchenfasern, wo sie wie bei Fig. 3 und 4 noch zwischen den Zapfenfasern erkennbar sind, von der gleichen Beschaffenheit, wie ich sie oben geschildert habe. Auch sie habe ich trotz ihrer Feinheit hie und da auf wunderbare Länge isolirt gesehen (Fig. 4), über ihre Endigungsweise an der Zwischenkörnerschicht aber nichts Neues herausgebracht.

Schon in Fig. 5 und 6 ist eine bedeutende Verschmälerung der Zapfen gegenüber den peripherischen Theilen des gelben Fleckes (Fig. 4) und den anderen Abbildungen (1—3) zu bemerken. Diese Verschmälerung steigert sich am Rande der fovea centralis bis zu dem in Fig. 7 abgebildeten Verhältniss, wo ich die Dicke der Zapfenkörper zu 0,003^{mm} bestimmte, entsprechend den früher von mir, H. Müller und Welker angegebenen Maassen der Elemente der fovea centralis. Auch die von diesen Zapfen abgehenden Fasern vermochte ich deutlich isolirt auf eine kurze Strecke zu verfolgen, und als identisch mit den andern Zapfenfasern zu erkennen. Die Zapfenkörner haben aber bei der grossen Häufung der Zapfen auf kleinem Raum längst nicht mehr alle Platz in einer Reihe unter der limitans externa. Dieselben müssen sich, wie früher die Stäbchenkörner, über und durcheinanderschieben, wobei sie sich aber immer möglichst nahe an der genannten Grenzhaut ansiedeln. Niemals scheint tiefer unten im Verlaufe der die äussere Körnerschicht durchsetzenden schiefen Fasern eine kernhaltige Anschwellung vorzukommen. Die Zapfenkörner zeigen sich an der macula lutea etwas schmächtiger als an den peripherischen Theilen der Retina, sonst gleichen sie, was die Form und Grösse des Kernes und Kernkörperchens betrifft, jenen ganz genau. Durch die enorme Länge der Zapfenfasern innerhalb der äusseren Körnerschicht kommt auf eine kurze Strecke eine vollkommen flächenhafte Faserung zu Stande, von welcher Fig. 1 Taf. XIII bei schwacher Vergrösserung ein deutliches Bild giebt, welches zugleich das Treffende des Henle'schen Vergleiches dieser Verlaufsrichtung mit der Faserung des musculus sacrospinalis beweist, indem die von der limitans externa her herantretenden Fasern erst nach längerem Verlaufe in der horizontalfaserigen Schicht nach der Zwischenkörnerschicht zu wieder abgegeben werden.

Der Werth und die Bedeutung dieser Anordnung kann nur in dem Umstande gefunden werden, dass bei der gegen die Mitte des

gelben Fleckes immer mehr zunehmenden Häufung der Zapfen und ihrer Fasern die übrigen Schichten der Retina und zunächst die Zwischenkörnerschicht nicht gleichen Schritt halten können. Sie bleiben so zu sagen zurück in der weiteren Verarbeitung der Zapfenfasern, wesshalb mehr peripherisch gelegene, dem Aequator nähere Theile mit zu Hülfe genommen werden müssen. Dies Verhältniss wird zur unabweislichen Nothwendigkeit an der fovea centralis, an welcher alle Schichten ausser der Zapfenschicht und den sich zunächst anschliessenden Zapfenkörnern auf ein Minimum schwinden. Hier mussten die Zapfenfasern die peripherischen Theile des gelben Fleckes aufsuchen, welche sich bekanntlich durch besondere Dicke ihrer Schichten, namentlich der Ganglienzellenschicht auszeichnen. Die so einmal eingeführte vom Centrum der fovea divergirend ausstrahlende Verlaufsrichtung der Zapfenfasern wird nun aber auch weiter peripherisch noch eine Strecke weit beibehalten, sie kann sich nur allmählich ausgleichen und dies geschieht auf dem Wege der Figuren 4, 3, 2, Taf. X.

Gehen wir von Fig. 1 aus, so stellt Fig. 2 die erste Veränderung dar, welche eintreten musste um die schiefe Faserrichtung nach dem gelben Fleck zu möglich zu machen. Dieselbe ist dann eingetreten in Fig. 3, steigert sich zu Fig. 4 und weiter, bis dann die in Taf. XIII Fig. 1 dargestellte horizontal faserige Abtheilung der äusseren Körnerschicht zu Stande kommt, in welcher die Zapfenfasern eine solche Länge haben, dass ihre Isolirung unübersteigliche Schwierigkeiten bietet. Die zelligen Elemente der äusseren Körnerschicht bleiben dagegen alle so nahe wie möglich an den Stäbchen und Zapfen, also an der m. limitans externa, gerade so wie an den peripherischen Theilen der Retina, aber die von ihnen ausgehenden Fasern haben statt des rein radiären einen abweichenden Verlauf zurückzulegen, um die Zwischenkörnerschicht zu erreichen. Durch die auf diese Weise nothwendig gewordene Verlängerung der Stäbchen- und Zapfenfasern kommt die ganz allmählig sich herausbildende Verdickung der äusseren Körnerschicht zu Stande, welche wir eben geschildert haben.

Aus dem Voranstehenden geht, wie ich glaube, zur Genüge hervor, dass die Einführung einer besonderen äusseren Faserschicht im Henle'schen Sinne auf grosse Schwierigkeiten stossen muss. Henle erkannte die Stäbchenfasern nicht an, da er sie an seinen Präparaten nicht zu beobachten vermochte. So entging ihm der

durch und durch radiär faserige Bau der äusseren Körnerschicht. Erst mit dem Zurücktreten der Stäbchenkörner und mit der Entwickelung der zellenarmen, rein faserigen inneren Abtheilung der äusseren Körnerschicht bemerkte er die Fasern, die er nun als eine besondere Schicht benennen zu müssen glaubte, während sie vorher ebenso schon vorhanden waren, nur verdeckt und versteckt zwischen den äusseren Körnern. Ich halte es unter diesen Umständen für sachgemäss, auf einen besonderen Namen auch für die Schicht der schiefen Fasern am gelben Fleck und an seiner Umgebung zu verzichten, und das Auftreten derselben als eine besondere Modification der inneren Abtheilung der äusseren Körnerschicht zu bezeichnen, wie ich diese Bezeichnung schon 1861 in meiner kurzen in dem Archiv für Anatomie und Physiologie, herausgeg. von Reichert und du Bois Reymond, veröffentlichten Notiz über die Anatomie des gelben Fleckes pag. 785 vorgeschlagen habe.

Ich führte bereits oben an, dass die Verlängerung der Stäbchen- und Zapfenfasern in rein radiärer Richtung nach dem gelben Fleck zu viel bedeutender zu sein pflegt, als Fig. 2 angiebt. Damit hat dann auch für die schiefen Fasern der Zwischenraum zwischen a und d bedeutend zugenommen, wie auch meine Fig. 1 Taf. XIII beweist. So zeigt die von H. Müller in Fig. 17 Taf. II des 8ten Bandes der Zeitschrift f. wiss. Zoologie gegebene Abbildung eines Querschnittes durch den gelben Fleck unter 3 eine enorme Dicke der faserigen inneren Abtheilung der äusseren Körnerschicht, ebenso die Fig. II auf der von H. Müller und Kölliker gezeichneten Taf. XIX der Icones physiologicae von A. Ecker. Dass es nicht die Zwischenkörnerschicht ist, wie H. Müller meinte, welcher diese Verdickung angehört, bedarf jetzt keines Beweises mehr. Auch weit über den gelben Fleck nach vorn gegen den Aequator der Retina hin sieht man hie und da die Zapfen- und Stäbchenfasern noch länger als die Strecke ist, welche die äusseren Körner einnehmen. Eine solche Stelle bildet Henle in Fig. 503 pag. 653 seines Handbuches der Anatomie Bd. II ab. Aber dass die fraglichen Fasern durch Schrumpfung des Glaskörpers künstlich in die Länge gezogen werden können, wodurch dann übernatürliche Verdickung der Retina in der bezüglichen Gegend entstände, wie Henle meint, möchte ich ernstlich bezweifeln. Namentlich der Chromsäure und dem chromsauren Kali, auf welche Henle mit Unrecht schlecht zu sprechen ist, soll diese Wirkung zukommen. Ich kann mir wohl denken, dass durch

künstliche Aufrichtung der schiefen Fasern zu rein radiären Irrthümer in der Beurtheilung der Dicke der äusseren Körnerschicht entstehen. Sonst vermag ich aber die Furcht vor Zerrungen und Dehnungen, welche die genannten Reagentien erzeugen sollen, nicht zu theilen und kann versichern, dass mir bei Untersuchung einer nach und nach wohl zu einem halben Hundert angewachsenen Zahl in Chromsäure und chromsaurem Kali erhärteter menschlicher Augen nie eine Ausdehnung der äusseren Körnerschicht zu ungewöhnlichen Durchmessern vorgekommen ist. Dass aber die von Henle so gerühmte Entwässerung in Alkohol auf das frische Gewebe angewandt Schrumpfungen erzeuge, braucht nicht erst bewiesen zu werden, zumal wenn es sich um so ausserordentlich wasserreiche, weil festerer zelliger Bestandtheile entbehrende Schichten handelt, wie die aufgelockerte äussere Körnerschicht am gelben Fleck, deren Vergänglichkeit und Veränderlichkeit schon manche Mühe zu Schanden gemacht hat.

2. Thiere.

Einen gelben Fleck haben unter den Säugethieren bekanntlich nur die Affen. Dass dieser im Wesentlichen die Organisation des menschlichen darbietet, d. h. in seiner percipirenden Schicht nur Zapfen besitzt, welche sich gegen die Mitte der macula lutea verschmälern, wo eine besonders dünne Stelle, also eine fovea centralis, vorkommt, habe ich bereits früher auf Grund meiner Untersuchung von Affenaugen beschrieben. Zur Behandlung mit Ueberosmiumsäure konnte ich nur die Augen eines wenige Stunden zuvor gestorbenen Macacus cynomolgus verwenden. Das eine derselben zeigte ausgedehnte Netzhautablösung und schied aus. Von dem anderen hatte ich mehrere Stücke der Retina in verschiedene Concentrationen der Säurelösung gelegt. Dieselben reichten aus, die vollständige Identität im Bau der äusseren Körnerschicht der peripherischen Theile der Netzhaut mit dem in Fig. 1 Taf. X gezeichneten Bilde darzuthun. Stäbchen- und Zapfenfasern konnte ich bis zur Zwischenkörnerschicht isoliren, und constatiren, dass ihre Dicke der der betreffenden Elemente menschlicher Retina gleichkommt. Auch die Durchmesser der Stäbchen und Zapfen selbst weichen von

denen des Menschen kaum ab, wie die Betrachtung des Mosaiks der Chorioidealenden dieser Gebilde im frischen Zustande lehrt. So ist es auch mit dem Verhältniss der Menge derselben zu einander. Kurz die Affenretina bot mir in keiner der erwähnten Beziehungen einen nennenswerthen Unterschied gegenüber der menschlichen dar. Nicht ohne Bedeutung dürfte es sein, dass ich, wie ich hier gleich anführen will, bei keinem Säugethiere so dicke Zapfenfasern wie beim Menschen und beim Affen (Macacus cynomolgus) wiedergefunden habe. Neuerdings beschäftigten mich zu anderen Zwecken die Augen eines Cynocephalus Babuin, deren gelbe Flecke ich ganz frisch ausschnitt. Beim Zerzupfen des einen in Serum mittelst feiner Nadeln gelang es mir, einzelne Zapfenfasern von ziemlich bedeutender Länge zu isoliren. Es ist dies das einzige Mal, dass ich Zapfenfasern im ganz frischen Zustande ohne Zusatz irgend welcher Reagentien beobachten konnte. Offenbar hatte die lockere Beschaffenheit der auch hier dickeren äusseren Körnerschicht die Isolirung begünstigt, die unter anderen Umständen frisch kaum gelingen dürfte. Die Fasern hatten ungefähr die Breite wie die Zapfenfasern der menschlichen macula lutea, eine vollkommen glatte Oberfläche, und einen eigenthümlichen Glanz, wie ihn marklose Nervenfasern in Serum untersucht darbieten.

Unter den übrigen Säugethieren waltet eine sehr auffallende, bisher, wie es scheint, unbeachtet gebliebene Verschiedenheit bezüglich der Vertheilung von Stäbchen und Zapfen ob. Während die meisten unserer grösseren Haussäugethiere, speciell Schaaf, Rind, Schwein, Pferd und Hund einen Wechsel von Stäbchen und Zapfen in der Retina ähnlich wie der Mensch zeigen, natürlich mit Ausnahme der macula lutea, fehlen meinen Untersuchungen zufolge die Zapfen ganz den Fledermäusen, dem Igel, dem Maulwurf, der Maus, dem Meerschweinchen. Eine Art Uebergang bilden die Katze, das Kaninchen, die Ratte, indem hier entweder noch sehr dünne wirkliche Zapfen wie bei der Katze existiren oder nur Andeutungen von solchen vorkommen, jedenfalls die Stäbchen der Art überwiegen, dass die Zapfen zwischen ihnen leicht ganz übersehen werden. Nach Ritter's Angaben über das Wallfischauge[1]) (Balaena mysticetus), welche sich freilich nicht auf die Untersuchung frischer, sondern nur auf Spiri-

1) Die Structur der Retina dargestellt nach Untersuchungen über das Wallfischauge, Leipzig 1864, p. 30.

tuspräparate stützen, scheinen dem Riesen unter den Säugethieren ebenfalls die Zapfen zu fehlen.

Um die An- oder Abwesenheit der Zapfen und ihr Verhältniss zu den Stäbchen zu constatiren, ist das einzige sichere Mittel, die Retina des eben getödteten Thieres in Serum abzulösen und mit der Chorioidealseite nach oben ohne Deckglas bei starker Vergrösserung unter das Mikroskop zu bringen. Auf diese Weise erhält man ein Bild der natürlichen Querschnitte der Elemente der percipirenden Schicht, und kann leicht durch Heben und Senken des Tubus die Stäbchen- und Zapfenschicht in ihrer ganzen Dicke durchmustern. Solche Präparate von der Retina des Menschen, wie ich sie zwei Mal an eben exstirpirten bulbi untersuchen konnte, geben an allen Stellen mit Ausnahme der macula lutea, wo nur Zapfen sind, ein sofort in die Augen springendes Bild der regelmässigen Anordnung abwechselnd stehender Stäbchen und Zapfen (Taf. XII, Fig. 3). Der Zwischenraum zwischen den Zapfen beträgt nicht mehr als zwei bis vier Stäbchenbreiten und dies Verhältniss bleibt dasselbe bis zur ora serrata. Fast absolut gleich sind die entsprechenden Bilder vom Affen, ähnlich die vom Schaaf, Rind, Schwein und Pferd, wo auch die Dimensionen der Stäbchen- und Zapfenbreiten denen des Menschen ähnlich bleiben (vergl. Fig. 11 Taf XIV vom Schaaf). So auch (ebenda Fig. 10 a) beim Hunde, wo jedoch der Durchmesser der Stäbchen und Zapfen sinkt und die Zahl der Stäbchen im Verhältniss zu der der Zapfen bedeutend zunimmt, so dass 4—6 Stäbchen auf dem kürzesten Wege zwischen je zwei Zapfen zu zählen sind. An guten in Ueberosmiumsäure erhärteten Präparaten der Retina, die sich leicht durch Zerzupfen in dünne Blätter ähnlich mit dem Messer gefertigten Querschnitten zerlegen lassen, konnte ich bei allen eben genannten Thieren die Zapfen mit ihren die äussere Körnerschicht durchsetzenden Fasern isoliren. Das Verhältniss des Zapfens zum Zapfenkorn unter der m. limitans externa und dieses wieder zur Zapfenfaser gleicht, wie Fig. 1—5 Taf. XI von Ochs und Schaaf zeigen, ganz dem der entsprechenden Theile der menschlichen Zapfen. Nur sind die Dicken-Dimensionen etwas geringer, namentlich bei den Zapfenfasern. Freilich kommt es bei Bestimmung der Dicke des Zapfenfadens auch etwas auf den Grad der Erhärtung oder Maceration des Präparates, auf die Concentration der Ueberosmiumsäure an, so dass diese Bestimmung immer etwas Unsicheres behält. Denn in stärkeren Lösungen wird der Zapfenfaden

unzweifelhaft feiner, dabei glänzender als in dünneren, wo er blasser aber dafür auch breiter ist. Letzterer Zustand scheint dem natürlichen zu entsprechen.

Wie im Menschen habe ich alle auf ganze Länge erhaltenen Zapfenfasern immer dicht über der Zwischenkörnerschicht mit einer kegelförmigen Anschwellung enden sehen. Aus derselben entwickeln sich feine Fasern, die an isolirten Zapfen kurz abgerissen sind, in situ gesehen in die flächenhafte Faserung der Zwischenkörnerschicht überzugehen scheinen. Sehr merkwürdig ist, dass die Anschwellung in stärkeren Lösungen der Säure oder bei längerem Liegen in schwächeren oft eine dintenartig blauschwarze Farbe annimmt, wie sie auch häufig, aber nicht constant, an den glänzenden Aussengliedern der Stäbchen nach Einwirkung von Ueberosmiumsäure beobachtet wird, wo sie an die ähnliche des Nervenmarkes erinnert [1]. Auch die feinen Stäbchenfasern und ihr Zusammenhang mit den Stäbchenkörnern sind bei den genannten Thieren in gleicher Weise wie beim Menschen zu sehen (Taf. XI Fig. 2 vom Ochsen, Taf. XIV, Fig. 10 b vom Hund). Die Stäbchenkörner selbst, welche dicht gehäuft in mehr oder weniger Lagen übereinander geschichtet sind, kommen, was Gestalt und eigenthümlichen Glanz betrifft, welchen letzteren die Ueberosmiumsäure erhält ohne körnige Gerinnungen zu erzeugen, mit denen des Menschen überein, hinter denen sie an Grösse jedoch meist etwas zurückbleiben. Auch das Ende der Stäbchenfasern an oder unmittelbar über der Zwischenkörnerschicht mittelst einer kleinen spindelförmigen Anschwellung habe ich nie anders als wie beim Menschen gesehen.

Bei dieser grossen Uebereinstimmung in allen Theilen der äusseren Retinalschichten beim Menschen und den genannten Thieren muss es in hohem Grade überraschen, dass bei anderen Säugethieren wesentliche Abweichungen vorkommen. Zunächst fiel es mir auf, dass in der Kaninchenretina weder mit Jodserum noch mit Ueberosmiumsäure Zapfen aufzufinden waren, und dass die äussere Körnerschicht nur aus e i n e r Art von Elementen, aus Stäbchenkörnern besteht. Die Untersuchung des Relief der Chorioidealfläche der Retina ergab kein ganz entscheidendes Resultat. Ueber grössere Strecken ist allerdings ein gleichmässiges Mosaik von nur

1) M. Schultze und Rudneff in dem Archiv f. mikrosk. Anatomie Bd. I, p. 303.

einer Art von Elementen, von Stäbchen vorhanden, aber an sehr vielen Stellen zeichnen sich in diesem Mosaik dunklere Punkte aus, verwaschene Flecke, etwas grösser als ein Stäbchendurchmesser. Betrachtet man diese mit möglichst starker Vergrösserung, so machen sie den Eindruck als fehle hier ein Stäbchen, oder als befände sich an der betreffenden Stelle eine Lücke, deren Ausfüllungsmasse aber keinerlei besondere Structur zeigt und von welcher Lücke sich ein verwaschener Schatten auf die unmittelbar angrenzenden Stäbchen ausbreitet (Taf. XIV, Fig. 8 a). Ein deutlicher Zapfenkörper ist nicht zur Anschauung zu bringen. So verhält sich nach meinen Untersuchungen auch die Ratte, von welchen Thieren ich es also zunächst unentschieden lassen muss, welcher Art ihre wahrscheinlich rudimentären Zapfen sind. Vollständig zapfenlos ist aber die Retina der Fledermäuse, des Igels, des Meerschweinchens, der Maus und des Maulwurfs. Später zu erwähnende Gründe gaben mir Veranlassung, die Untersuchung gerade dieser Thiere vorzunehmen, welche darin untereinander übereinstimmen, dass sie die Dämmerung oder Nacht dem Tage vorziehen, oder wie die Maulwürfe in unterirdischen Höhlen leben, die sie nicht leicht freiwillig verlassen. Das Mosaik der percipirenden Elemente, wie es Flächenansichten zeigen, ist bei diesen Thieren ein vollständig gleichmässiges und stimmt mit dem Mosaik der Stäbchen anderer Säugethiere überein, wie Fig. 4 a auf Taf. XIV von Vespertilio, Fig. 5 vom Meerschweinchen zeigen. Andeutungen von Zapfen fehlen gänzlich, sowohl im Hintergrunde des Auges wie an der ora serrata. Das Meerschweinchen allein zeigt hie und da dunklere Flecke zwischen den Stäbchen, welche wie Lücken aussehen und vielleicht als letzte Andeutungen von Zapfen gelten können. Dabei fiel mir bei diesem Thiere, und später auch bei der Maus auf, dass in der Mitte jedes Stäbchenkreises bei einer Einstellung des Mikroskopes, welche nicht mehr der freien Endfläche, sondern einer etwas tieferen Region des Stäbchens entspricht, eine kurze feine Linie zum Vorschein kommt, ein etwas in die Länge gezogener Punkt, über dessen Bedeutung ich mir keinen Aufschluss verschaffen konnte.

Dass die percipirenden Elemente dieser Thiere in jeder Beziehung mit den Stäbchen anderer Säugethiere übereinstimmen, lehren frisch gefertigte und erhärteten Präparaten entnommene Durchschnitte. Solche sind nach Ueberosmiumsäure-Behandlung in Fig. 6 Taf. XIV vom Igel, Fig. 4 b von Vespertilio dargestellt. Es ist nur eine Art

von Elementen in der Stäbchenschicht und nur eine Art von äusseren Körnern vorhanden, welche sich zugleich mit den von ihnen ausgehenden und an der Zwischenkörnerschicht endenden Fasern durchaus wie Stäbchen und ihre zugehörigen Theile verhalten. Ganz ungewöhnlich lange Stäbchen bietet die Ratte dar, deren frisch abgehobene und mit der Chorioidealfläche nach oben gelegte Retina einen auffallend deutlichen Atlasglanz mit röthlichem Schimmer zeigt, ähnlich wie die Retina der Eule und des Frosches. Was die Dicke der Stäbchen betrifft, so fand ich die feinsten bei der Ratte, nicht mehr als 0,001 Mm. betragend, beim Igel mass ich 0,0014 Mm., bei den Fledermäusen 0,0016—0,002 Mm., und ebenso bei dem Meerschweinchen, der Maus und dem Maulwurf.

Unter den übrigen Wirbelthieren stimmt, was den Wechsel von Stäbchen nnd Zapfen und die Elemente der äusseren Körnerschicht betrifft, die Retina der Knochen-Fische am meisten mit der der Säugethiere überein. Haie und Rochen besitzen, wie bereits Leydig [1]) und H. Müller [2]) angegeben haben, nur einerlei Elemente in der Stäbchenschicht, welche, wie ich mich wiederholt an frischen Thieren überzeugte, Stäbchen und keine Zapfen sind. Petromyzon fluviatilis hat ebenfalls nur eine Art percipirender Elemente. Ich habe dieselben früher von der Fläche gezeichnet, wage jedoch, da mir neuere Untersuchungen fehlen, jetzt keine Entscheidung, ob es Stäbchen, wie mir am wahrscheinlichsten vorkommt, oder Zapfen sind H. Müller glaubte früher bei diesem Fisch nur Zapfen gesehen zu haben (VIII, p. 27 Anm.), welcher Angabe sich Leydig [3]) anschliesst. Nach späterer Untersuchung von P. marinus ist er zweifelhaft, ob hier nicht Stäbchen und Zapfen in gewöhnlicher Vertheilung vorkommen [4]). Hier können nur frische Exemplare entscheiden und an solchen ist die Frage wieder aufzunehmen. Von Ganoiden besitzen wir nur einige Angaben über die Retina des Stör's [5]), deren percipirende Elemente nach Leydig's Abbildung mehr Stäbchen wie Zapfen gleichen.

Die Knochenfische empfehlen sich zur Darstellung der Zapfen-

1) Beiträge zur mikroskopischen Anatomie etc. der Rochen und Haie 1852, p. 24.

2) Zeitschr. f. wiss. Zoologie VIII, p 26.

3) Lehrbuch der Histologie p. 238.

4) Ueber d. Auge d. Chamaeleon p. 25 Anm.

5) Bowmann on the Eye, p. 89. — Leydig, Anatom. histolog. Unters. über Fische und Reptilien, p. 9, Taf. I, Fig. 6.

fasern vornehmlich. Dies mag mit der bekannten ausserordentlichen Grösse der Zapfen zusammenhängen und beruht zum Theil auf grösserer Resistenz der von letzteren ausgehenden Fasern und einer minder innigen Verklebung der Elemente der äusseren Körnerschicht untereinander. H. Müller kannte die dicken Zapfenfasern vom Barsch und bildete sie mit ihrer kegelförmigen Anschwellung an der Zwischenkörnerschicht ab. Ich habe dieselben schon vor Jahren ebenfalls vom Barsch mittelst sehr dünner Chromsäurelösungen ($^1/_{25}$—$^1/_{50}$ %) isolirt, und meine damaligen Zeichnungen in Fig. 10 und 11 auf Taf. XI hier mitgetheilt. Die innige Verbindung der Zapfenfasern mit der Zapfenkörnerschicht, welche bei Fischen ein sehr deutliches bindegewebiges Stützfaserwerk enthält mit eingebetteten Bindegewebskernen, liess mich damals annehmen, dass die Zapfenfasern ebenfalls zu dem Stützfasergewebe gehören müssten und in der äusseren Körnerschicht eine ähnliche Rolle spielten, wie die längeren radiären Stützfasern in den übrigen Schichten der Retina. Mit der Entdeckung der von den Zapfen der fovea centralis der menschlichen Retina ausgehenden ganz ähnlichen, ebenfalls an der Zwischenkörnerschicht angeschwollen endigenden Fasern änderte sich meine Ansicht über die Natur der Zapfenfasern, über deren nervöse Beschaffenheit bei den Fischen ebenso wie beim Menschen ein Zweifel jetzt nicht mehr obwalten kann. Figur 10 und 11 zeigen neben den Zapfen auch die Stäbchen mit ihren auf längere Strecke erhaltenen feinen varikösen Fasern, welche in der äusseren Körnerschicht mit kleinen glänzenden Stäbchenkörnern zusammenhängen. Das innere Ende der Stäbchenfasern blieb mir damals unbekannt. Erst durch die Anwendnng der schon vielfach gerühmten Ueberosmiumsäure erhielt ich deutliche Bilder von ihnen, welche nach ihrer Eigenthümlichkeit nicht wenig dazu beitrugen, mich von der, abgesehen von ihrer Dicke, wesentlich gleichen Beschaffenheit der Stäbchen- und Zapfenfasern zu überzeugen. Präparate, wie die in Fig. 8 und 9 von der Retina des Hechtes abgebildeten, die ausserordentlich leicht zu gewinnen sind, geben den Zusammenhang der Stäbchen und Zapfen mit den Elementen der äusseren Körnerschicht, die auch hier in Stäbchen- und Zapfenkörner zerfallen, in voller Klarheit zur Anschauung. Die Stäbchenfasern können hier eine messbare Dicke zeigen, und die spindelförmige Anschwellung, welche ihr Ende an der Zwischenkörnerschicht einnimmt, erreicht einen Durchmesser, wie ich ihn sonst nicht zu Gesicht bekam. In ihr bilden sich unter Umständen

(Fig. 8) dieselben vacuolenartigen Räume aus, die auch das Ende der Zapfenfasern bezeichnen, so dass beiderlei Enden von genau demselben eigenthümlichen Aussehen, sich nur noch durch die Grösse unterscheiden.

Die Osmiumfärbung der Zapfenenden habe ich auch nirgends intensiver als bei Fischen gesehen, an ihr nehmen oft auch die Stäbchenfaserenden Theil (Fig. 9). Ganz ähnliche Bilder wie Esox lucius gewährt die Retina von Cyprinus barbus (Fig. 6 und 7). Hier gelang es mir auch in sehr dünnen Lösungen der Ueberosmiumsäure die Kerne in den Zapfenkörnern wie bei Säugethieren und die feinen Varikositäten der Stäbchenfasern darzustellen (Taf. XI Fig. 6).

Von dem Typus der Säugethier- und Fischretina weicht der Bau der Vogel-, Reptilien- und Amphibien-Retina in eigenthümlicher Weise ab. Legen wir das Mengenverhältniss von Stäbchen und Zapfen, wie es die menschliche Retina mit Ausnahme des gelben Fleckes zeigt, als Paradigma zu Grunde, so finden wir nach Obigem eine fast vollständige oder annähernde Uebereinstimmung mit demselben bei Affen, Pferd, Rind, Schaaf, Hund, Katze und den bisher untersuchten Knochenfischen, mit Hinneigung dazu, die Zahl der Stäbchen auf Kosten der Zapfen zu vermehren, welche Veränderung endlich zu vollständigem Schwund der Zapfen führt, durch Kaninchen und Ratte zu Meerschweinchen, Fledermaus, Igel, Maus und Maulwurf unter den Säugethieren, Haifischen und Rochen unter den Fischen, bei denen die Stäbchen allein übrig geblieben sind. Die Elemente der äusseren Körnerschicht halten mit diesen Verschiedenheiten durchaus gleichen Stand, überall sind die grösseren Zapfenkörner von den kleineren Stäbchenkörnern zu unterscheiden, und überall verbinden sich mit ersteren dicke, mit letzteren dünne Fasern, die beide über die Zwischenkörnerschicht nicht hinaus verfolgt werden können, an welcher die Zapfenfasern sich in eine Anzahl feiner Fäserchen auflösen, die Stäbchenfasern aufhören, ohne dass über ihr weiteres Schicksal bisher ein Aufschluss gewonnen werden konnte. In der Retina der Vögel dagegen nimmt die Zahl der Zapfen gegen die der Stäbchen der Art zu, dass das Mengenverhältniss beider sich geradezu umkehrt, ja für die Stäbchen oft noch ungünstiger wird wie für die Zapfen bei den Säugethieren. Mit anderen Worten die Retina der Vögel nähert sich bezüglich der Vertheilung von Stäbchen und Zapfen dem gelben Fleck des Menschen, indem die Zapfen die Stäbchen mehr und mehr verdrängen. In

gleicher Weise ist die Retina der Reptilien (beschuppten Amphibien) gebaut. Bei der Schildkröte der der Vögel ganz ähnlich, verliert sie bei den Eidechsen die Stäbchen ganz, die auch den Schlangen durchweg zu fehlen scheinen. Wie die Fledermäuse und einige andere nächtliche Säugethiere und die Plagiostomen. wahrscheinlich auch die Cyclostomen unter den Fischen das eine Extrem nach der Richtung der Stäbchenentwicklung repräsentiren, neigt sich also die Retina der Vögel und Reptilien dem anderen zu. der ausschliesslichen Entwickelung der Zapfen, wie am Orte des directen Sehens in der menschlichen Netzhaut.

Zapfen und Stäbchen lassen sich bei Vögeln zunächst nach ihrer Form namentlich nach den stärker lichtbrechenden Aussengliedern unterscheiden, so dass, auch wenn wir auf dieses Merkmal allein angewiesen wären, nicht leicht eine Verwechselung vorkommen dürfte. Die Aussenglieder der Stäbchen sind an beiden Enden gleich dicke, cylindrische Stäbe von dem bekannten Glanz (Taf. XI, Fig. 12 bb vom Huhn, 16 b vom Falken), die der Zapfen dagegen (ebenda cc) nach aussen conisch zugespitzte weniger glänzende, zugleich meist sehr feine und äusserst vergängliche Gebilde, deren Länge sich selbst im ganz frischen Zustande schwer genau bestimmen lässt. Ein sehr characteristisches und eigenthümliches Merkmal erhalten aber die Zapfen der Vögel durch den wie es scheint ausnahmslos ihnen zukommenden Besitz eines in sie eingelagerten kugligen Körpers, welcher meist eine gelbe oder rothe Farbe besitzt. Derselbe hat seinen Sitz an der Grenze von Innen- und Aussenglied, an der Spitze des ersteren, welches er hier nach seinem ganzen Durchmesser ausfüllt, so dass kein Licht in das Aussenglied gelangen kann, welches nicht die Kugel passirte (Taf. XI Fig. 12 vom Huhn). Nur wenige Kugeln sind farblos, die bei weitem meisten gelb, hellgelb bis orange in vielen Abstufungen, einige in regelmässiger Vertheilung zwischen den gelben stehende tief rubinroth. Ihr Farbstoff löst sich in Alcohol und Terpenthinöl, scheint also fettiger Natur zu sein, und ist mit einer wahrscheinlich eiweissartigen, in den genannten Flüssigkeiten unlöslichen Grundlage verbunden. Obwohl schon Pacini, Hannover und Vintschgau bekannt, verdanken wir, was Lage und Vertheilung dieser für die Vogelretina so characteristischen, zwar bei Reptilien und Amphibien sich wiederholenden aber bisher bei keinem Säugethier und keinem Fisch beobachteten Pigmentkugeln betrifft, erst H. Müller, welcher nachwies, dass es allein die Zapfen

seien, welche mit diesen eigenthümlichen Gebilden ausgerüstet erscheinen, sowie dass dieselben ihre Lage immer an der Grenze von Innen- und Aussenglied haben. Nur darin dürften H. Müllers Angaben einer Correctur bedürfen, dass die Aussenglieder der Zapfen nicht wie die der Stäbchen cylindrische Gebilde sind, sondern wie bei allen anderen Thieren, wenigstens soweit ich finde, auch bei den Vögeln eine conische Gestalt mit nach aussen gerichteter oft sehr feiner Spitze besitzen. Eine merkwürdige Abweichung bieten dann einige Zapfen z. B. der Taubenretina dar, deren Kenntniss wir ebenfalls H. Müller verdanken (l. c. Taf. II, Fig. 18 e), welche darin besteht, dass das Innenglied unterhalb der Pigmentkugel mehr oder minder weit noch mit einer diffusen Ablagerung von Pigment erfüllt ist. Eine solche kommt bei den rothen Zapfen des Augenhintergrundes der Taube vor, und findet sich auf meiner Tafel IX Fig. 7 d abgebildet, wo ein Stäbchen und gelbe und rothe Zapfen nebeneinander gezeichnet sind.

Der gefärbten Zapfen wegen gewährt das Mosaik der natürlichen Enden der percipirenden Elemente der Vogelretina ein höchst merkwürdiges und überraschendes Bild. Hannover hat dasselbe vom Huhn zu zeichnen versucht[1]). So elegant seine Zeichnung zu nennen ist, so entspricht sie doch der Natur nicht. Denn es sind im Verhältniss zu den gelben viel zu viel rothe Kreise, und die farblosen Elemente, welche theils Stäbchen, theils Zapfen sind, fehlen in derselben gänzlich. Bei der innigen Verbindung, welche die Zellen des sogenannten Pigmentepithels vermittelst ihrer zwischen Stäbchen und Zapfen hineinreichenden Fortsätze mit diesen letzteren eingehen, missglückt es nicht selten, reine Flächenansichten der pigmentfreien Chorioidealenden der percipirenden Elemente zu erhalten. Bei einiger Ausdauer und vorsichtiger Präparation in einem Schälchen mit Serum gelingt es jedoch gerade beim Huhn leicht, pigmentfreie Stellen zu gewinnen, an denen auch die Aussenglieder der Stäbchen und Zapfen in situ geblieben sind. Immerhin bleibt das Mosaik auf den ersten Blick schwer verständlich. Um mich möglichst vollständig zu orientiren, habe ich von drei verschiedenen Hühnern in ziemlich weit auseinanderliegenden Zeiträumen Zeichnungen des Mosaiks der empfindlichen Elemente entworfen und dabei verschiedene Gegenden der Retina berücksichtigt. Die Zeichnungen,

1) Recherches microscopiques sur le système nerveux 1844, Taf. V, Fig. 68.

welche ich in Fig. 6 a. b. c Taf. IX mittheile, stimmen in allen wesentlichen Punkten mit einander überein. Der grössere Theil des Bildes ist eingenommen von gelben Kugeln, deren Durchmesser zwischen 0,003 und 0,005 Mm., und deren Farbe zwischen hellerem und dunklerem citronen- und orangegelb schwankt. Zwischen diesen liegen in regelmässiger Vertheilung, dem ersten Blick auffallend, rubinrothe Kugeln von der Grösse der mittleren gelben. Ihre Lage erinnert sogleich an die der Zapfen zwischen den Stäbchen etwa der menschlichen Netzhaut, da der Zwischenraum zwischen je 2 rothen durchschnittlich dem Durchmesser von 2—4 gelben gleicht. Aber es sind auch farblose Elemente da, und über diese orientirt man sich am schwersten. Ein Theil derselben blasst allmählich aus den gelben ab, wenigstens sind an manchen Stellen der Retina des Huhnes Uebergänge zu sehen. Es sind diese Elemente mit Ausnahme der ora serrata meist von geringem Durchmesser, ihre Vertheilung ist eine unregelmässige und ich will hier gleich erwähnen, dass es Zapfen sind, wie die bisher beschriebenen, aber mit fast oder ganz farbloser Kugel an der Grenze vom Innen- und Aussenglied. Alle diese Elemente, die farbigen wie die farblosen, zeigen bei aufmerksamer Betrachtung während des Hebens des Mikroskoptubus über den gefärbten (oder ungefärbten) Kreisen schwebende concentrische kleinere Kreise von glänzender Beschaffenheit, deren jeder bei fortgesetztem Heben in einen Lichtpunkt ausgeht. Es beruht dies Bild auf der successiven Einstellung immer höherer Theile der Aussenglieder der Zapfen. Die andere Art der farblosen Kreise, welche das Mosaik der percipirenden Elemente enthält, zeichnet sich durch eine ansehnlichere und gleichmässige Grösse aus, und kehrt in regelmässigen Entfernungen wieder, etwa gleich denen, in welchen die rothen Zapfen stehen. Diese stellen sich am deutlichsten dar bei hoher Einstellung und zeigen keinen concentrisch gelagerten kleineren Kreis in der Mitte. Es sind dies die Stäbchen. Eine umständliche Vergleichung des beschriebenen Mosaiks mit Profilansichten der in verschiedener Weise isolirten Elemente lässt diese Deutung zur vollen Gewissheit werden. Das Verhältniss ist demnach das, wie es oben für die Vogelretina als charakteristisch angegeben wurde, die Zapfen stehen gedrängt und zahlreich wie die Stäbchen der menschlichen Retina, die Stäbchen dagegen haben, wenn wir den Vergleich festhalten wollen, den Platz der Zapfen eingenommen. Dieses Bild ist an allen Stellen der Retina des Huh-

nes wesentlich das Gleiche, höchstens den Rand der ora serrata ausgenommen, wo die Farbstoffkugeln der Zapfen verbleichen. Ebenso ist es bei der Ente. Von einer fovea centralis, wie sie H. Müller bei mehreren Vögeln entdeckt hat [1]), oder einer sonst besonders ausgezeichneten Stelle der Retina habe ich bei beiden Vögeln Nichts gefunden.

Auch bei der Taube gleicht das Mosaik wesentlich dem beschriebenen. Aber hier scheidet sich die Retina, wie sofort beim Ablösen derselben auffällt, vorausgesetzt, dass nicht das schwarze Pigment an ihrer Chorioidealseite haften blieb, in eine gelblich und eine röthlich durchscheinende Hälfte [2]). Erstere ist diejenige, welche das Pecten enthält, letztere die laterale, beim Sehen nach vorn allein in Betracht kommende. Fig. 7 a stellt das Mosaik aus der röthlichen, 7 b, bei gleicher Vergrösserung gezeichnet, das aus der gelblichen Hälfte dar, und es springt sofort in die Augen, dass in der seiner Lage nach bevorzugten Hälfte die Durchmesser der Zapfen geringer, die gelben Pigmentkugeln intensiver gefärbt sind, als in der anderen. Dazu kommt dann noch die verhältnissmässig grössere Zahl von Stäbchen in der heller gefärbten Partie. Die oben bereits erwähnten diffus rothpigmentirten Zapfen (Fig. 7 d) finden sich auch nur in dem dunkleren Theil der Retina. Einen sehr interessanten Anblick gewährt die Taubenretina, wenn es gelingt, beim Abheben derselben, am besten in einem Schälchen mit Serum, auf eine gewisse Strecke das schwarze Pigment in unverrückter Verbindung mit den Stäbchen und Zapfen zu erhalten. Blickt man von oben auf eine solche von unten gut beleuchtete Stelle, so gewahrt man zunächst (Fig. 7 c) auf dunklem Grunde regelmässig vertheilte Lichtpunkte, es sind das die mit ihren peripherischen Enden das Pigment durchsetzenden und daher hellbeleuchtet durchscheinenden Stäbchen. Zwischen diesen nimmt man verschieden deutlich je nach der Intensität des schwarzen Pigmentes die rothen und gelben Elemente wahr.

Mehrmals bemerkte ich an dem eben geöffneten, ganz frischen Auge der Taube ziemlich genau im hintern Pol die Andeutung einer fovea centralis. Natürlich suchte ich zu ergründen, welche von den ver-

1) Ueber das ausgedehnte Vorkommen einer dem gelben Fleck der Retina entsprechenden Stelle bei Thieren. Vorläufige Notiz in der Würzburger naturwissenschaftlichen Zeitschrift 1861, Bd. II. p. 139.

2) H. Müller l. c. VIII, p. 41.

schiedenen percipirenden Elementen hier ihren Sitz aufgeschlagen haben. Bei Betrachtung von der Chorioidealseite konnte ich jedoch die bezügliche Stelle nicht mit Sicherheit wiederfinden, woraus ich schliesse, dass eine wesentliche Abweichung in dem Mosaik der Zapfen und Stäbchen an dieser Stelle der Taubenretina nicht stattfinde.

Von viel deutlicherer Entwickelung ist die fovea centralis der Krähe, und die in jedem Auge doppelt vorhandene des Falken. H. Müller hat die Existenz dieser beiden foveae centrales angezeigt [1]), aber von der Natur der an ihnen befindlichen percipirenden Elemente Nichts gemeldet [2]). Bei der Mannigfaltigkeit der percipirenden Elemente in der Vogelretina, deren wir vier verschiedene Arten unterscheiden können, 1) gelbe, 2) rothe, 3) farblose Zapfen und 4) Stäbchen, und bei der Schwierigkeit, diese Unterschiede physiologisch zu begründen, musste die Beantwortung der Frage, welche von diesen Elementen an den zum Fixiren, zum schärfsten Sehen bestimmten Stellen der Retina vorwiegen, von der grössten Bedeutung sein. Die Sache ist folgende. Die beiden foveae centrales, die hintere und die seitliche, verhalten sich bei Falco buteo gleich. Die percipirende Schicht enthält in ihnen nur gelbpigmentirte Zapfen von ausserordentlich kleinem Querschnitt des Chorioidealendes (Taf. IX. Fig. 9 b). Die Elemente sind in grosser Regelmässigkeit angelagert und alle von vollkommen gleicher Art. Ich hatte das Glück die Stellen der Retina, in welchen die foveae liegen, zusammen mit dem schwarzen Pigment ablösen zu können. Dasselbe hinderte durchaus nicht die Erkennung der natürlichen Querschnitte der percipirenden Elemente, gewährte vielmehr die Garantie, dass Alles in der natürlichen Lage geblieben

1) Ueber das Auge des Chamaeleon p. 11.

2) Dass H. Müller eine grössere Arbeit über die Retina der Vögel vorbereitete, geht aus mehreren seiner letzten Mittheilungen hervor. Das Einzige, was sich in diesen letzteren über den feineren Bau der foveae centrales des Vogelauges findet, beschränkt sich auf die kurze Angabe (Würzburger Zeitschr. etc. Bd II, p. 140): „Bei sehr vielen Vögeln wenigstens ist eine exquisite fovea centralis vorhanden, mit dem charakteristischen Bau der dickeren Netzhaut in der Umgegend: bogenförmiger Verlauf der Nervenfasern, Anhäufung der Ganglienzellen zu mehreren Schichten, schiefer Verlauf der Fasern in der Körnerschicht, beträchtliche Länge und Feinheit der percipirenden Elemente in der Stäbchenschicht. Auch hier sind zweierlei Faserungen in der Körnerschicht durch den verschiedenen Verlauf charakterisirt. Dieser wunderbare Apparat ist namentlich bei Raubvögeln prachtvoll entwickelt."

ist, was ohne die Verbindung mit dem Pigment kaum zu erreichen wäre. So sieht man denn in Fig. 9 b nur die äussersten Enden der Aussenglieder der Zapfen, welche bis in den nicht mehr pigmentirten Theil der Pigmentzellen hineinragen, und somit durch Beleuchtung von unten, und zwar wegen der darunter liegenden gelben Pigmentkugeln mit gelber Farbe, deutlich werden. Der Durchmesser derselben beträgt hier etwa 0,001 Mm.. Die erste Veränderung im Mosaik am Rande der fovea centralis besteht in dem Hinzutreten dünner farbloser Elemente und zwar Stäbchen, wie Fig. 9 c zeigt. Der Durchmesser derselben ist anfangs wenig grösser als der der Zapfen, nimmt jedoch schnell zu bis zu dem 4fachen der Zapfenenden (Fig. 9 a), während welcher Veränderung dann auch die rothen Zapfen zwischen den gelben sich einstellen, so dass sehr bald im Umkreise der fovea centralis das Bild wie Fig. 9 a zu Stande kommt, und nun bis zur ora serrata unverändert bleibt, wo endlich durch Zunahme des Durchmessers der Zapfenstäbchen und Abblassung des gelben Pigmentes, auch durch Abnahme des schwarzen ein Mosaik wie Fig. 9 d zum Vorschein kommt. Farblose Zapfen habe ich in der Retina des Falken nicht beobachtet.

Sehr ähnlich ist die Retina der Krähen gebaut, deren ich zwei Arten untersuchte, Corvus cornix und corone. Die einfache fovea centralis liegt im Hintergrunde des Auges. Die Umgegend derselben bis zur ora serrata bietet bei Betrachtung des von dem Pigment bedeckten Mosaiks der Stäbchen und Zapfen das Bild wie Fig. 8 [1], welches fast genau mit 9 a vom Falken übereinstimmt. Aber der Unterschied des Mosaiks an der fovea beschränkt sich hier auf eine Abnahme in der Dicke der Stäbchen (Fig. 8 [2]), so dass die Zapfen näher aneinander liegen. Aber bis zum Verschwinden der Stäbchen, wie in der fovea des Falken, scheint es bei der Krähe nicht zu kommen. Auch die rothen Zapfen erhalten sich zwischen den gelben, so dass die fovea der Krähe einen Bau darbietet, wie der Rand der fovea des Falken, wo die Stäbchen zwar noch dünn aber doch zwischen den gelben Zapfen bereits deutlich sind und die Entwickelung der rothen Zapfen eben begonnen hat. Wenn wir, wozu aller Grund vorliegt, die foveae centrales des Falken für die für feine Perception am günstigsten organisirten Stellen unter den hier in Vergleich gezogenen Vogelnetzhäuten halten müssen, so würden wir also die gelben Zapfen mit möglichst dünnem Chorioidealende für die besten unter den percipirenden Elementen der Vogelretina zu erklären haben.

Aber wie es unter den Säugern Thiere giebt, deren Retina jede Spur von Zapfen fehlt, so ist auch bei Vögeln das Verhältniss von Stäbchen und Zapfen nicht überall dasselbe. Von dem für die Vogelretina charakteristischen Ueberwiegen der Zapfen über die Stäbchen machen, wie ich gefunden habe, eine sehr bemerkenswerthe Ausnahme die Eulen. Hier treten die Stäbchen der Art hervor und die Zapfen so zurück, dass das Verhältniss beider zueinander sich geradezu umkehrt, und da die Stäbchen ausserordentlich lang, die Zapfen aber sehr kurz sind, so erreichen letztere gar nicht die Chorioidealenden ersterer und das Mosaik der percipirenden Elemente gleicht, indem es nur aus Stäbchenenden besteht, dem der Fledermaus. Ich konnte drei Eulenarten lebend untersuchen, Strix aluco, noctua und flammea und fand alle drei darin übereinstimmend, dass die Zapfen zwischen den Stäbchen kaum wahrzunehmen sind. Die Stäbchen haben bei den Eulen eine enorme Länge, ihre Verbindung mit dem schwarzen Pigment ist eine sehr wenig innige, so dass ganz entgegen dem Verhalten anderer Vögel die Retina sich fast überall ohne Pigment abhebt. Dieselbe bietet in sehr ausgezeichnetem Grade den röthlichen Atlasglanz dar, der sich bei einer ungewöhnlichen Länge der Stäbchen auch bei den Säugethieren einstellt. Das Mosaik der Stäbchen scheint ein ganz gleichförmiges, ununterbrochenes zu sein (Fig. 11 a, Taf. IX), aber bei der grossen Länge der Stäbchen fallen sie gern in Bündel auseinander, so dass Spalten und Zwischenräume zwischen ihnen entstehen (Fig. 11 b). Aber von Zapfen sieht man Nichts. Erst nach dem Umlegen der Stäbchen oder der Entfernung der Aussenglieder derselben, oder nach Anwendung eines Deckgläschens gewahrt man Elemente mit blassgelben Pigmentkugeln zwischen den Stäbchen; dies sind die Zapfen. Nur bei einer jungen Eule, deren Species nicht zu bestimmen war, konnte ich ohne weiteres im Mosaik der Stäbchenenden die Lage der Zapfen an dunkleren Flecken erkennen (Fig. 10 a), welche sich wie Lücken ausnahmen, in welchen dann nach Entfernung der stark lichtbrechenden Aussenglieder die blassgelben Kugeln zum Vorschein kamen. Rothe Pigmentkugeln fehlen den Eulen gänzlich, auch die wenigen gelben erblassen gegen die ora serrata hin zu vollständig farblosen Kugeln. Erinnern wir uns nun der obigen Angabe, dass die Retina der nächtlichen Säugethiere durch das gänzliche Fehlen der Zapfen ausgezeichnet ist, so können wir uns des Gedankens nicht erwehren, dass bei den Eulen das

Zurücktreten der Zapfen, das Erbleichen ihrer Pigmentkugeln und das Ueberwiegen der Stäbchen ebenfalls mit der Vorliebe dieser Thiere für die Dämmerung und mit ihrer Lichtscheu zusammenhänge. Es muss somit von grossem Interesse sein, die Retina auch anderer Nachtvögel, z. B. der Caprimulgus-Arten auf ihre percipirende Schicht zu untersuchen, wozu sich mir bis jetzt keine Gelegenheit geboten hat.

Unsere Kenntniss der Retina der Reptilien ist leider sehr dürftig. Von den Schildkröten melden Hanover[1], Nunneley[2] und Leydig[3], welche frische Thiere untersuchten, dass ihre Retina sich eng an die der Vögel anschliesse, insofern in der percipirenden Schicht in ähnlicher Vertheilung wie dort drei Arten von Fettkugeln, rothe, gelbe und farblose vorkommen. Ueber Eidechsen finde ich bei Leydig (l. c. p. 97) eine Angabe, dass nämlich in der Stäbchenschicht (bei Lacerta agilis) zweierlei Elemente zu unterscheiden seien, schlanke mit einem intensiv gelben Fetttropfen und breite, kegelförmige, deren Spitze von einem mehr diffusen gelben Pigment eingenommen sei. Anguis fragilis hat nach Leydig (l. c.) und H. Müller[4]) nur Zapfen in der Retina, nach ersterem mit ungefärbten Fetttropfen versehen. Ebenso verhält sich nach Leydig die Ringelnatter, doch scheinen hier Fetttropfen, gefärbte oder ungefärbte zu fehlen. Die percipirenden Elemente haben eine kegel- oder birnförmige Gestalt und gleichen in der Abbildung (Leydig l. c. Taf. IV, Fig. 35) durchaus Zapfen. Eine sehr genaue Arbeit über sämmtliche Schichten der Retina des Chamäleon verdanken wir H. Müller[5]). Nach derselben besitzt diese Eidechse in der percipirenden Schicht nur eine Art von Elementen, welche als Zapfen angesprochen werden müssen. Aber da Müller keine frischen Exemplare zu Gebote standen, bleibt die Frage nach ihrer etwaigen Pigmentirung unentschieden. Von hohem Interesse ist die schon Sömmering bekannte aber erst von H. Müller genauer gewürdigte Thatsache, dass das Chamäleon ungefähr an derselben Stelle wie der Mensch in der Retina eine fovea centralis besitzt. Eine solche soll nach Albers auch der Riesenschildkröte zukommen und zwar mit einem gelben Saume, wie denn die Angabe von dem

1) Recherches etc., p. 47. — Müller's Archiv 1843, p. 314.

2) Quarterly Journal of microscopical science Vol. VI. 1858, p. 224, 230.

3) Untersuchung über Fische und Reptilien, p. 97.

4) l. c. VIII, p. 35.

5) Würzburger Naturwissenschaftliche Zeitschrift Bd. III, 1862, p. 10.

Vorkommen einer macula lutea oder fovea centralis sich noch für einige andere Reptilien wiederholt [1]), ohne dass bisher volle Gewissheit erreicht ist. H. Müller hat gezeigt, dass die Zapfen des Chamäleon gegen die fovea hin und an ihr selbst sich bedeutend verdünnen und zugleich verlängern. Auch beobachtete derselbe den Zusammenhang der Zapfen mit Zapfenkörnern unterhalb der Membr. limitans externa und mit Zapfenfasern, welche von der fovea centralis aus innerhalb der äusseren Körnerschicht eine ähnlich schief einwärts divergirende Richtung einschlagen, wie ich oben beim Menschen beschrieben habe. Das Ende der Zapfenfasern blieb H. Müller unbekannt. Endlich sind hier die Angaben eines Engländers, Hulke, anzuführen, der neuerdings die Amphibien- und Reptilien-Retina zum Gegenstande einer besonderen Arbeit gemacht hat [2]). Die von ihm untersuchten Thiere sind Coluber natrix, Anguis fragilis, Gecko, Testudo graeca, Terrapene europaea und Chelonia mydas. In einem Nachtrage wird der Retina von Chamäleon gedacht. In der Unterscheidung von Stäbchen und Zapfen ist der Verfasser nicht ganz zuverlässig, da er z. B. bei Anguis fragilis beiderlei Elemente findet, während hier entschieden nur Zapfen vorkommen. Sonst findet sich manches beachtenswerthe in seinen Angaben. Die Zeichnungen lassen allerdings sehr viel zu wünschen übrig.

Was ich von der percipirenden Schicht der Reptilien-Retina gesehen habe, beschränkt sich auf die frischen Augen von Lacerta agilis, viridis und Anguis fragilis und auf einige leidlich erhaltene in Spiritus conservirte grössere Schlangen. Lacerta hat ansehnliche, intensiv gelb pigmentirte Zapfen, deren Mosaik in Verbindung mit dem schwarzen, sogenannten Chorioidealpigment, welches beim Abheben der frischen Retina in Serum wie bei den Vögeln gern haften bleibt, einen Anblick wie Fig. 12 Taf. IX gewähren. Es sind, wie Leydig bemerkt, schlankere und dickere, mehr conische Elemente, die aber beide unzweifelhaft als Zapfen anzusprechen sind. Erstere enthalten, wie meine Zeichnung Fig. 12 a lehrt, an dem oberen (äusseren) Ende des Zapfenkörpers eine sehr tief citronengelbe Pigmentkugel, letztere an derselben Stelle eine ähnliche, meist etwas

---

1) Vergl Joh. Müller zur vergl. Physiologie des Gesichtssinnes p. 103.

2) Aus dem Royal London Ophthalmic Hospital Reports in das Französische übersetzt in dem Journal de la physiologie v. Brown-Sequard Tom VI. Nr XXIV, publicirt im December 1865, p. 524 und 704.

blassere, und sind ausserdem in ihrer Substanz nach einwärts von der Pigmentkugel mit diffusem gelben Pigment erfüllt. Diese Einrichtung erinnert ganz an die Pigmentvertheilung in den rothen Zapfen einiger Gegenden der Taubenretina, welche H. Müller kannte[1]), und die ich in Fig. 7 d Taf. IX abgebildet habe. Die Aussenglieder der Zapfen oder die Zapfenspitzen sind verhältnissmässig sehr fein und kurz (Fig. 12 a). Zwischen diesen gelben Zapfen finden sich einzeln farblose Elemente von etwas geringerer Dicke. Das Mosaik (Fig. 12) lässt der Vermuthung Raum, dass dies Stäbchen seien, wie bei den Vögeln. Dem ist jedoch nicht so. Durch Zerzupfen der frischen Retina mit feinen Nadeln gelang es mir, solche farblose Elemente zu isoliren und mich zu überzeugen, dass sie in allen Stücken den Zapfen gleichen, nur statt des gelben einen ungefärbten Fetttropfen enthalten. Die Eidechse hat demnach wie das Chamäleon nur Zapfen in der percipirenden Schicht der Retina, diese allerdings von dreierlei verschiedener Bildung. Wesentlich gleich ist die Retina von Anguis fragilis. Jedoch stimmen in ihr alle Zapfen in der Gestalt mehr überein und entbehren sämmtlich des intensiv gelben Pigmentes. Leydig[2]) meint bei der Blindschleiche nur ungefärbte Elemente gesehen zu haben. Mehrere von mir untersuchte Exemplare liessen keinen Zweifel übrig, dass der grösste Theil der wie bei den Eidechsen in den Zapfen enthaltenen Fetttropfen deutlich gelbe Farbe besass, allerdings von viel geringerer Intensität als bei Lacerta. Hulke (l. c. p. 536) nennt die Farbe dieser Kugeln »hellgrün.« Seine Unterscheidung von Stäbchen und Zapfen bei Anguis vermag ich nicht zu bestätigen.

Von Schlangen bedauere ich, nur Spiritusexemplare gehabt zu haben. An gut conversirten Augen von Spillotes vermochte ich die dicht nebeneinander stehenden ansehnlichen Zapfen zu unterscheiden, zwischen denen schwerlich stäbchenartige Gebilde Platz gefunden haben dürften. Ueber die etwaige Pigmentirung dieser Zapfen können solche Präparate natürlich keinen Aufschluss geben, da die Pigmentkugeln der Zapfen sich überall in Spiritus entfärben. Coluber natrix, die einzige bisher auf die frische Retina untersuchte Schlange entbehrt nach Leydig und Hulke der gefärbten Kugeln in den Zapfen. Noch ist zu bemerken, dass ich bei Ueberosmium-

1) l. c VIII, p. 39, Taf. II Fig 18 e.
2) Unters. über Fische und Amphibien, p. 97.

säure-Präparaten der Zapfen von Anguis fragilis eine eigenthümliche Differenzirung im Zapfenkörper beobachtete, welche allgemeinere Verbreitung haben dürfte, da auch H. Müller einer offenbar ganz ähnlichen Bildung beim Chamäleon Erwähnung thut (l. c. p. 25). Es ist dies eine im frischen Zustande nicht wahrnehmbare Scheidung eines in der Basis des Zapfens liegenden abgestutzt kegelförmigen Körpers von starkem Lichtbrechungsvermögen; Fig. 2 und 3 auf Taf. XIV zeigen solche Körper von Lacerta agilis und Anguis fragilis. Sie kehren ihre breitere Basis der körnigen Aussenhälfte des Zapfenkörpers zu, während das verjüngte andere Ende nach der limitans externa gerichtet ist, diese aber gewöhnlich nicht erreicht. Zellenkernen möchte ich sie nicht vergleichen, wie H. Müller thut, der sie an seinen in Chromsäure aufbewahrten Chamäleonaugen bemerkte. Ich halte sie, falls nachgewiesen würde, dass sie im frischen Zustande existiren, eher für Licht concentrirende Linsen.

Was endlich die Amphibien betrifft, so wissen wir, dass unter Fröschen, Kröten und Salamandern eine grosse Uebereinstimmung der Elemente der Retina herrscht. Zwischen zahlreichen colossalen Stäbchen stehen wenige sehr kleine Zapfen (Taf. XI, Fig. 18 und 19). Diese letzteren bergen an der Grenze von Innen- und Aussenglied eine kleine blassgelbe oder farblose Fettkugel (vergl. H. Müller VIII, Taf. I, Fig. 2, und meine Disquisitiones de retinae structura penitiori, Fig. 4 e), welche ihrer Lage nach genau den Pigmentkugeln der Zapfen von Vogel- und Reptilien-Retina entspricht.

Bei der grossen Differenz, welche bei Amphibien in der Länge von Zapfen und Stäbchen herrscht, war ich begierig das Mosaik der freien Chorioidealenden der percipirenden Elemente zu sehen. Ich habe wiederholt bei Fröschen die in Serum abgehobene Retina mit der Chorioidealfläche nach oben ohne Deckglas mit starken Vergrösserungen betrachtet, dabei das Mosaik der colossalen Stäbchenenden vortrefflich wahrgenommen, von den Zapfen aber nie etwas sehen können. Es wiederholt sich hier dasselbe wie bei der Eulenretina; bei grosser Länge der zahlreicheren Stäbchen können die Chorioidealenden dieser letzteren der Art zusammenschliessen, dass von den kürzeren Zapfen zwischen ihnen Nichts zur Anschauung kommt. Bei den tief zwischen die Stäbchen hineinreichenden Fortsätzen der Pigmentzellen haftet das Pigment oft sehr fest an der Stäbchenschicht. Dies ist kein Hinderniss für die Untersuchung des Stäbchenmosaiks. Denn sind die Pigmentzellen beim Abheben wirklich genau

in der Lage geblieben, so kann man auch beim Frosch wie bei den Vögeln und Reptilien die natürlichen Querschnitte der percipirenden Elemente durch sie hindurchsehen (Fig. 1 b, Taf. XIV von Rana temporaria). Es reichen dieselben bis in den äusseren nicht mehr oder schwach pigmentirten Theil der Pigmentzellen. Oft kommt es aber auch vor, dass sich beim Herrichten der Retina das Pigment stellenweise abhebt. Dann erhält man ein Bild wie Fig. 1 a. Durch das Herausziehen der Pigmentscheiden haben aber die Stäbchen ihren Halt verloren, und wenn sie vorher in ganz gleichen Entfernungen von einander lagen, fallen sie jetzt stellenweise auseinander, so dass breitere und schmalere Zwischenräume zwischen ihnen abwechseln. Von den Zapfen sieht man auch jetzt Nichts. Die Stäbchenenden bieten an solchen Präparaten eine eigenthümliche auf concentrische Schichtung deutende Zeichnung dar, welche weiterer Erklärung bedarf.

Ist es nach dem Vorausgegangenen auch bei Vögeln, Reptilien und Amphibien leicht, Stäbchen und Zapfen von einander zu unterscheiden, so schwindet bei diesen Thieren höchst auffallender Weise der Unterschied in den zugehörigen Elementen der äusseren Körnerschicht. Es giebt bei allen diesen Thieren Stäbchen- und Zapfenkörner und Stäbchen- und Zapfenfasern, aber eine Unterscheidung dieser beiderlei die äussere Körnerschicht zusammensetzenden Elemente, wie wir sie bei Säugethieren und Fischen scharf durchführen konnten, hört, so viel ich bis jetzt sehen konnte, bei jenen auf.

Bei den Vögeln ist der Dickendurchmesser der äusseren Körnerschicht verhältnissmässig sehr gering. Wie H. Müller auf Taf. II Fig. 15 seiner grösseren Abhandlung von der Taube zeichnet, so finde ich bei allen von mir untersuchten Tagvögeln in der äusseren Körnerschicht nur 2 oder höchstens 3 Zellen oder Körner übereinander gelagert (Taf. XI Fig. 12 von der Taube Fig. 16 von Falken). Dann folgt sogleich die Zwischenkörnerschicht. Von einer inneren, wesentlich radialwärts faserigen Abtheilung der äusseren Körnerschicht habe ich nie etwas gesehen. Allein bei den Eulen wächst die Dicke der genannten Schicht etwas, indem sie hier bis zu 4 Zellen übereinander bergen kann (Taf. IX Fig. 10 c, a—d). Es scheint dies mit der ausserordentlichen Zunahme der Stäbchen bei diesen Thieren zusammenzuhängen, mit deren Häufung auf gegebenem Raume wir auch bei den Säugethieren die äussere Körnerschicht dicker werden sehen. In dieser Schicht nun drängen sich die Körner ganz

ausserordentlich dicht aneinander. Die erste Reihe stösst an die m. limitans externa, und ihre Elemente sind, so viel ich sehen konnte, immer Zapfenkörner; aber auch in der zweiten Reihe müssen viele Zapfenkörner ihr Unterkommen suchen, da die Zapfen an den meisten Stellen zu gehäuft liegen, als dass alle in der ersten Platz fänden. Zwar strecken sich die Zapfenkörner so zu sagen nach der Decke, sie nehmen eine langgezogen lanzettförmige und die unteren eine spindelförmige Gestalt an (Taf. IX. Fig. 10 und 11, Taf. XI Fig. 12). Dennoch kommt es vor, dass Zapfenkörner in eine dritte Reihe verwiesen werden. Hier oder in der zweiten befinden sich nun auch die Stäbchenkörner. So schwer es für gewöhnlich ist, zwischen der grossen Menge von Zapfenkörnern mit Stäbchen in Verbindung stehende Körner herauszufinden, so ist mir dies doch bei der Taube Taf. XI, Fig. 12 links) und bei der Eule (Taf. IX, Fig. 11a), wo wieder die Stäbchen überwiegen, auf das Sicherste gelungen. Hier konnte ich mich überzeugen, dass weder in der Grösse oder Gestalt derselben, noch in der Beschaffenheit des Kernkörperchens, noch auch in der Dicke der ausgehenden Fasern ein wahrnehmbarer Unterschied zwischen Stäbchen- und Zapfenkorn besteht. Und da ich bei anderen Vögeln auch nie zwei Arten äusserer Körner oder zwei Arten der von ihnen ausgehenden Fasern finden konnte, nehme ich an, dass überhaupt bei Vögeln der Unterschied im Aussehn beider Gebilde sich verwischt, zu welcher Ansicht sich auch schon H. Müller hinneigte (l. c. VIII, p. 43). Stäbchen- und Zapfenfasern haben eine ziemlich gleiche messbare Dicke, beide enden mit einer deutlichen kegelförmigen Anschwellung an der Oberfläche der Zwischenkörnerschicht, wo die Anschwellung sich in Fasern aufzulösen scheint. Die Körner aber, welche unmittelbar an die Zwischenkörnerschicht stossen, pinseln sich so zu sagen direct in die letztere aus (Taf. XI, Fig. 13).

Auch in der, soweit bis jetzt festgestellt ist, stäbchenlosen Reptilienretina beträgt die Dicke der äusseren Körnerschicht häufig nur 2 Körner-Durchmesser (Taf. XIV Fig. 2 und 3 von Lacerta agilis und Anguis fragilis), welche Körner natürlich alle Zapfenkörner sind. Die Zapfenfasern sind kaum ein Mikromillimeter (0,001 Mm.) dick und enden wie in allen früheren Fällen an der Zwischenkörnerschicht. Abweichend verhält sich nach H. Müller's Angaben das Chamäleon, bei welchem zu den auch hier wenigen Lagen äusserer Körner eine innere rein faserige Abtheilung der äusseren Körnerschicht hinzugefügt ist, in welcher die Zapfenfasern von der rein radiären

Richtung nach vorwärts abweichen, um sich erst nach längerem Verlaufe der Zwischenkörnerschicht zuzuwenden. Es ist genau dasselbe Verhältniss wie in der Umgegend der fovea centralis des Menschenauges, die innere, faserige Abtheilung der äusseren Körnerschicht reicht beim Chamäleon aber viel weiter nach vorn.

Beim Frosch, wo der Unterschied von Stäbchen und Zapfen bekanntermassen sehr auffällt, ist es mir auch nicht möglich gewesen, eine Verschiedenheit von Stäbchen- und Zapfenkörnern aufzufinden. Hier weichen die Verhältnisse noch dadurch von den gewohnten ab, dass die Stäbchenkörner den Platz unmittelbar an der limitans externa einnehmen, die Zapfenkörner aber in zweite Linie gedrängt werden. Durch Ueberosmiumsäure ist man im Stande die betreffenden Elemente vortrefflich zu isoliren, auch färben sich in dieser Flüssigkeit die faserigen Ausläufer der äusseren Körner an der Zwischenkörnerschicht leicht tief schwarz. Solche Präparate, wie Bruchstücke derselben in Fig. 18 und 19, Taf. XI abgebildet sind, lehren, dass zunächst kein Unterschied in der Beschaffenheit der inneren Fortsetzungen der Stäbchen und Zapfen innerhalb der äusseren Körnerschicht hat aufgefunden werden können. Ich bemerke jedoch, dass die Ueberosmiumsäurelösungen, mit welchen ich bei Fröschen arbeitete, etwas zu schwach gewählt waren. Nachträglich sehe ich, dass bei stärkeren bis 1 % gesteigerten Concentrationsgraden die Gestalt der äusseren Körner auch bei den Fröschen im frischen Zustande mehr die spindelförmige wie bei den Vögeln und Reptilien ist.

Blicken wir noch einmal auf das vorstehend über die Schicht der percipirenden Elemente und die äussere Körnerschicht der Wirbelthier-Retina Gesagte zurück, so geht aus demselben hervor, dass Stäbchen sowohl als Zapfen mit Fasern in Verbindung stehen, welche sich deutlich bis an die Zwischenkörnerschicht verfolgen lassen. Zu diesen Fasern gehört als integrirender Bestandtheil je eine Zelle der äusseren Körnerschicht. Wie aber die Fasern sich in Stäbchen- und in Zapfenfasern scheiden, so sind auch die Stäbchen- und Zapfenkörner in mehrfacher Beziehung verschieden. Aber diese Unterschiede sind nur bei den Säugethieren und Fischen deutlich ausgeprägt, verwischen sich dagegen bei Vögeln, Reptilien und Amphibien. Die Dickenunterschiede in den Stäbchen- und Zapfenfasern, welche für die erstgenannten Thiere ganz constante Geltung haben, schwinden bei den letztgenannten. Merkwürdiger Weise sind diese gerade diejenigen, deren Zapfen fast durchweg gefärbte Pigmentkugeln ent-

halten, durch deren Einfluss die Aussenglieder ausschliesslich mehr oder weniger vollständig monochromatisches Licht erhalten.

Stäbchen- und Zapfenfasern haben alle Eigenschaften von Nervenfasern und zwar von solchen marklosen Fasern, wie sie die Opticusfaserschicht der Retina zusammensetzen. Trotz dieser Gleichheit ist keine Aussicht vorhanden, einen directen Uebergang nachzuweisen. Alles deutet vielmehr darauf hin, dass von der percipirenden Schicht centralwärts zunächst in der Zwischenkörnerschicht eine wesentliche Veränderung mit den Stäbchen- und Zapfenfasern vor sich gehe. Diese besteht nachgewiesenermassen bei den letzteren in einer vielfachen Theilung, so dass die dicke Zapfenfaser sich in eine gewisse noch nicht bestimmbare Zahl feiner Fasern auflöst. Keine breite Zapfenfaser scheint als solche in die Zwischenkörnerschicht einzutreten, und noch viel weniger als solche die innere Körnerschicht zu durchsetzen. Was aus den Stäbchenfasern an der Zwischenkörnerschicht wird, ist minder deutlich zu beobachten. Zwar enden sie, wie es scheint immer, wie die Zapfenfasern mit einer Anschwellung. Es liegt nahe dieser eine ähnliche Bedeutung zu vindiciren, wie derjenigen der Zapfenfasern, und sie demnach als Ausgangspunkt neuer feiner Fasern anzusehen. Und in der That, bei denjenigen Thieren, bei welchen, wie bei den Vögeln, Reptilien und Amphibien der Unterschied von Stäbchen- und Zapfenfasern schwindet, kann diese Bedeutung der Anschwellung direct beobachtet werden. Bei den Fischen sind mir Bilder vorgekommen, welche es nicht unwahrscheinlich erscheinen lassen, dass an den Stäbchenfasern im Kleinen sich wiederholt, was an den Zapfenfasern so deutlich zu verfolgen ist. Aber die enorme Feinheit der Stäbchenfasern bei den Säugethieren und dem Menschen spricht gegen die Annahme, dass auch die Stäbchenfasern noch componirte Gebilde seien, wie es die Zapfenfasern dem Mitgetheilten gemäss sind. Jedenfalls setzen auch bei den letztgenannten Thieren und beim Menschen die Stäbchenfasern ihre radiäre Richtung dem Anscheine nach über die Zwischenkörnerschicht hinaus nicht fort, sondern verlieren sich zunächst entweder als Ganzes oder getheilt mit den Theilsprösslingen der Zapfenfasern zusammen in dem horizontalfaserigen Gewebe der Zwischenkörnerschicht. Erst von hier aus können sie ihren Weg durch die innere Körnerschicht fortsetzen. Dies geschieht, wie ich glaube, nur in Form sehr feiner Fasern. Meine Beobachtungen über die Schichten der Retina einwärts von der Zwischenkörnerschicht sind zwar sehr

lückenhaft. So viel glaube ich aber behaupten zu können, dass für gewöhnlich dickere Nervenfasern, wie sie als Zapfenfasern aussen und als Optikusfasern innen vorkommen, in den Zwischenschichten fehlen. Daraus würde denn hervorgehen, dass von innen nach aussen gerechnet, wie auch Ritter[1]) ausführt, zunächst die Ganglienzellen die Zerspaltung der dickeren Opticusfasern übernehmen. Das Verhältniss wäre ähnlich, aber der Richtung nach umgekehrt wie nach Deiters an den grossen Ganglienzellen der vorderen Hörner des Rückenmarkes. Die Zelle würde aus der Optikusschicht den Axencylinderfortsatz aufnehmen, und peripherisch die fein zerspaltenen verästelten Fortsätze entsenden, welche die molekuläre Schicht in verwickelten Bahnen durchsetzen, in der inneren Körnerschicht in noch gänzlich unbekannte Beziehungen zu deren nervösen Zellen treten, um sich dann hier und in der Zwischenkörnerschicht zu den Stäbchen- und Zapfenfasern zu gruppiren. In letzteren wird jedenfalls wieder ein ganzes Bündel feiner Fasern zusammengefasst, deren Ursprung und Beziehung zu den inneren Körnern und Ganglienzellen aber noch gänzlich in Dunkel gehüllt ist. Wie ich die Verschiedenheit in der Zusammensetzung der Stäbchen- und äusseren Körnerschicht mit Rücksicht auf die Stäbchen und Zapfen bei Tag- und Nachtthieren dargelegt habe, so wären bei denselben Thieren nun auch die inneren Retinalschichten zu durchmustern. Vielleicht dass sich dabei schon eine auf die An- oder Abwesenheit der Zapfen zu beziehende Verschiedenheit ergäbe, welche neues Licht verbreitete. Zunächst aber müssen alle Theorieen über den Verlauf der Nervenfasern durch die inneren Schichten der Retina als vollkommen unsicher bezeichnet werden. So ist auch der von mir gemachte und auf Taf. XV, Fig. 2 dargestellte Versuch, die nervösen Elemente der Retina frei von dem bindegewebigen Stützapparat übersichtlich zu zeichnen, für die Schichten zwischen Ganglienzellen und Zwischenkörnerschicht nur als ein vorläufiger zu betrachten. Allerdings habe ich bei den Vögeln auf das deutlichste bipolaren Nervenzellen gleichende innere Körner gesehen, mit langen varikösen Fädchen in Verbindung, deren Feinheit den Stäbchenfasern der Säugethiere entsprach. Diese verliefen beim Falken, wie Fig. 16 f auf Taf. XI andeutet, schief, während die radiären Stützfasern die rein radiale Richtung einhielten. Aber

1) Die Structur der Retina etc. 1864, pag. 42.

bei den Vögeln verhält sich die innere Körnerschicht in manchen Stücken abweichend von der entsprechenden der Säugethiere und ses Menschen. Bei den letztgenannten sind die inneren Körner, soweit sie nicht Kerne der radialen Stützfasern sind (Taf. XV, Fig. 1, c), weit grösser, und wenn auch immer noch verhältnissmässig arm an den Kern umgebender Zellsubstanz, doch ächten Ganglienzellen ähnlicher. Hier glaube ich auch in einzelnen Fällen mehr als zwei Fortsätze gesehen zu haben. Sonach wäre es möglich, dass, wie Ritter meint, die inneren Körner wenigstens in einzelnen Fällen diedelbe Bedeutung wie die grösseren Ganglienzellen haben. Doch lässt sich gegen die Wahrscheinlichkeit solcher einfacher Wiederholung der Function der grossen Ganglienzellen in einer neuen Schicht Vieles anführen. Gegen den von Henle für die in Rede stehende Schicht vorgeschlagenen Namen der »äusseren gangliösen Schicht« lässt sich gewiss Nichts einwenden, da an der nervösen Natur der betreffenden Zellen nicht zu zweifeln ist, und ihre Aehnlichkeit mit centralen Nervenzellen wenigstens bei Säugethieren und beim Menschen im Vergleich mit den ebenfalls nervösen äusseren Körnern deutlich in die Augen springt. Minder glücklich möchte ich die von Henle eingeführte Trennung der Retina in eine innere nervöse und eine äussere musivische Hälfte nennen, da der letzteren, so passend ihr eine musivische Zusammensetzung nachgesagt wird, die nervöse Natur nicht abgeht, vielmehr in allen ihren Theilen recht ausgesprochen zukommt. Es ist richtig, dass sich die Retina, wie Zerzupfungen erhärteter Präparate lehren, an der Zwischenkörnerschicht leicht in eine äussere und eine innere Hälfte spaltet. Dabei folgt die letztgenannte Schicht meist der inneren Hälfte, weil die radiären Nervenfasern der äusseren Körnerschicht nur durch sehr feine und vergängliche Fäserchen mit der flächenhaft faserigen Zwischenkörnerschicht zusammenhängen. Bei guter Conservirung der Nervenfasern bleibt aber oft die Zwischenkörnerschicht mit der äusseren Körnerschicht verbunden, und die Trennung kommt dann innerhalb der inneren Körnerschicht zu Stande.

Eine sehr merkwürdige Erscheinung sind die von Henle entdeckten Querstreifen an den äusseren Körnern[1]), besser den Stäbchenkörnern, denn den Zapfenkörnern kommen sie nicht zu.

1) Nachrichten v. d. Ges. d. Wiss. z. Göttingen 1864. Nr. 7, p. 121. — Handbuch d. Anatomie II, p. 649.

Ich habe sie bei manchen Säugethieren gesehen und finde, dass sie sich in der Ueberosmiumsäure oft sehr gut erhalten [1]). In Uebereinstimmung mit Ritter [2]) vermisse ich sie bei den übrigen Wirbelthieren. Beim Kaninchen sah ich einen Streifen, bei der Katze zwei. Die Erscheinung hat nach der Lichtbrechung der umgebenden Flüssigkeit und noch sonst von mancherlei Umständen abhängig ein verschiedenes Ansehen. Es kommt mir am wahrscheinlichsten vor, dass die Zeichnung ihren Sitz in den Kernen der Stäbchenkörner habe. Denn durch Behandlung mit verdünnten Säuren (Salpetersäure) zerfallen, wie ich finde, diese Kerne in mehrere Stücke, deren Zwischenräume den Querstreifen entsprechen.

Den von Ritter innerhalb der Stäbchen beschriebenen Axencylinder [3]), den Ritter'schen Faden, wie er mehrfach genannt worden, muss ich mit Braun, Henle u. A. als ein höchst zweifelhaftes Gebilde ansprechen. Die Stäbchenfaser entwickelt sich vollkommen deutlich aus der Substanz des Innengliedes (Taf. X, Fig. 8 b), aber nicht, wie Ritter meint, aus einem Axenfaden desselben. Von einem solchen habe ich weder an den dicken Stäbchen des Frosches noch an den dünneren anderer Thiere, weder im Innen- noch Aussengliede jemals etwas gesehen. Auf eine faserige Structur der Stäbchen deuten die oben erwähnten zahlreichen Längslinien, welche ganz frische Stäbchen von Rana temporaria in ihren Aussengliedern erkennen lassen (Taf. XIV, Fig. 1). Etwas ähnliches lässt die Ueberosmiumsäure an sehr gut conservirten Innengliedern der menschlichen Zapfen hervortreten (Taf. X, Fig. 8 a). Das ist aber auch Alles, was ich von feinerer, auf Faserung deutender Structur an Stäbchen und Zapfen wahrgenommen habe. Zu Gunsten des Axenfadens, dessen Anerkennung Ritter nur temporär gefährdet glaubt, ähnlich dem Schicksal des Axencylinders der markhaltigen Nervenfasern [4]), weiss ich keine einzige Beobachtung anzuführen, es sei denn die bereits erwähnte Thatsache, dass mir beim Meerschweinchen und der Maus auffiel, wie bei Einstellung auf das Mosaik der frischen Stäbchen beim Senken des Tubus in gewisser Tiefe eine in jedem Stäbchen scheinbar central gelegene kurze Linie auftrat (Taf. XIV,

1) Vergl. Taf. XIV, Fig. 8c nach einem Osmiumsäure-Präparat vom Kaninchen.

2) Archiv für Ophthalmologie Bd XI, Abth. I, p. 89.

3) Ebenda Bd. V, Abth. 2, p. 109.

4) Die Structur der Retina etc. 1864, p. 32.

Fig. 5). Beim Umlegen der Stäbchen konnte ich in denselben nichts Analoges bemerken. Wahrscheinlicher Weise entspricht dieselbe der Zuspitzung des Innengliedes zur Stäbchenfaser. Zu welchen Extravaganzen Ritter durch die Vertheidigung seiner Axenfäden verleitet wird, möge, wer Lust hat, in dessen eben citirter Schrift pag. 31 nachlesen, woselbst u. A. die Behauptung zu finden ist, dass die von H. Müller l. c. Taf. I, Fig. 4 abgebildeten Zapfen der Retina des Frosches »sich kaum anders als centrale Fäden der Stäbchen deuten« lassen.

Eine besondere Erwähnung verdienen hier endlich noch die Pigmentzellen, welche ihrer Lage nach zu der Stäbchen- und Zapfenschicht der Retina gehören und die sogenannte Pigmentepithelschicht der Chorioides darstellen. Für die Vögel und alle Wirbelthiere abwärts überzeugte man sich längst, dass die in Rede stehenden Pigmentzellen sogenannte Scheiden um die Aussenglieder der Stäbchen und Zapfen liefern, indem letztere in diese Pigmentzellen gewissermassen hineingesteckt sind. Weniger allgemeine Verbreitung haben die Angaben gefunden, nach denen auch bei den Säugethieren und beim Menschen ein ähnliches Verhältniss obwaltet, wie u. A. Brücke in seiner classischen anatomischen Beschreibung des menschlichen Augapfels, Berlin 1847, p. 26 andeutet, indem er von den Stäbchen des Menschen sagt, dass sie »in Vertiefungen auf der ihnen zugewendeten Fläche der sechseckigen Pigmentzellen der inneren Auskleidung der Chorioidea eingreifen.« H. Müller gedenkt gleichfalls der die äusseren Enden der Stäbchen aufnehmenden Vertiefungen der Pigmentzellen bei Säugethieren (VIII, p. 50), will diese Bildung aber scharf getrennt wissen von den Pigmentscheiden der übrigen Wirbelthiere. In der That beruht aber der Unterschied allein in der verschiedenen Länge der Pigmentzellenfortsätze, die Natur derselben stimmt, so viel ich gesehen habe, überall überein. Ein jedes Stäbchen und wahrscheinlich auch jeder Zapfen steckt mit seinem Aussengliede in einer Pigmentscheide oder, wie bei den Albinos und am Tapetum, zwischen Fortsätzen der nicht pigmentirten entsprechenden Zellen. Diese Fortsätze sind fein haarförmig und bilden an der Innenfläche der Pigmentzelle einen Busch wie von langen Wimpern, und reichen oft noch viel tiefer zwischen jene Elemente hinein als sie Pigmentmolekeln enthalten. Denn ihre Grundlage ist farb- und körnchenlose Zellsubstanz, in welche die kugligen oder oval-stäbchenförmigen Pigmentkörnchen, am Zellkörper sehr dicht, gegen Ende der

Fortsätze ganz dünn, eingestreut sind. Dieser Bart von zwischen die Stäbchen in zahlloser Menge herabhängenden Fortsätzen, welche fein wie die zartesten Wimpern sind, fehlen auch nicht den pigmentlosen Zellen über dem Tapetum, wo ich sie von der Katze besonders schön sah und auf Taf. XIV, Fig. 9. b. P abgebildet habe. Dieselben erreichen aber bei den Säugethieren nicht die Länge wie bei den Vögeln und den übrigen niederen Wirbelthieren. Die Ueberosmiumsäure, welche erhärtet, ohne körnige Gerinnungen zu erzeugen, ist ein vortreffliches Mittel sich von der eigenthümlichen Configuration dieser Zellenfortsätze ein deutliches Bild zu verschaffen. Wie die Figg. 14 und 15 auf Taf. XI von der Taube lehren, handelt es sich dabei um tief zwischen die Stäbchen, jedenfalls bis nahe an die limitans externa heranreichende ebenfalls haarförmige Zellenausläufer, welche in ihrer Hauptsubstanz hyalin, anfangs viele, nach abwärts zu wenige Pigmentmoleküle eingesprengt enthalten, und nach der limitans vollkommen pigmentlos sind. Auf dieser letzteren bemerkte ich einmal an gut isolirten Blättern der erhärteten Retina des Huhnes zwischen den Stäbchen und Zapfen und nach deren Entfernung frei aufrecht stehende hyaline Fädchen, welche den Pigmentzellen-Ausläufern glichen, und möglicher Weise mit ihnen zusammengehängt hatten (vergl. Fig. 13 a, Taf. XI).

Wendet man zur Erhärtung frischer Netzhäute solche Flüssigkeiten an, welche die bekanntlich sehr leicht zersetzbaren Aussenglieder der Stäbchen unverändert erhalten (Müller'sche Flüssigkeit oder besser die stärkeren Lösungen von Ueberosmiumsäure von $^1/_2$—1%), so wird man sich immer leicht von der innigen Verbindung überzeugen, welche, bedingt durch das beschriebene Verhältniss, die Pigmentzellen mit der Stäbchen- und Zapfenschicht eingehen. Mittelst dieser Flüssigkeiten erhält man beim Menschen und Affen gerade so wie bei den Vögeln etc. Präparate der Retina, an welchen das Pigment fest an den Stäbchen und Zapfen haftet und nicht der Chorioides folgt. Selbst an den dünnsten Schnitten durch die Retina kann das Pigment mit dieser in Zusammenhang erhalten werden. Der auf Taf. XIII, Fig. 2 abgebildete Schnitt durch die fovea centralis des Menschen, welcher genau mit der camera clara gezeichnet wurde, ist ein Beispiel davon. Für die innige Verbindung spricht in der schlagendsten Weise das von mir häufig beobachtete Verhältniss, dass beim Abheben des Pigmentes erhärteter Augen die Stäbchen dem Pigment folgen und an oder in der Nähe der limitans externa

abbrechen (Taf. XI. Fig. 14 von der Taube). wo dann die Zapfen, die sich leichter aus dem Pigmentmantel herauslösten. allein übrig geblieben sind.

Wie weit die percipirenden Elemente in die Pigmentzellen hineinreichen, geht einfach aus dem oben geschilderten Verhältniss hervor, demgemäss es bei unverändert erhaltener Verbindung beider miteinander bei vielen Thieren möglich ist, das Mosaik der natürlichen Enden jener durch die Pigmentzellen hindurch zu erkennen. Aus diesem Verhältniss erklärt sich auch der nicht unbedeutende Zwischenraum, den man zwischen den Stäbchenenden bei ganz frisch vom Pigment gelösten Netzhäuten wahrnimmt. Es sind verhältnissmässig breite Spalten zwischen je zwei Stäbchenenden. welche bei Betrachtung der Chorioidealfläche als dunkle Zwischenräume zwischen jenen erscheinen, und den Glanz jedes einzelnen Stäbchenquerschnittes erhöhen. Dadurch dass, wie Krause richtig hervorhebt, die Innenglieder der Stäbchen meist etwas dicker als die Aussenglieder sind, ergibt sich der Raum für die Pigmentzellenfortsätze. Vielleicht dass auch die Aussenglieder der Stäbchen öfter eine geringe Verjüngung nach der Chorioidealseite zu erleiden, wie ich sie bei Rana temporaria auf das Bestimmteste wahrgenommen habe. Dadurch wird eine gewisse Aehnlichkeit in der Form der Aussenglieder der Stäbchen mit der der Zapfen angebahnt, welche letztere immer eine ausgesprochen conische Gestalt besitzen.

Die Zellen des sogenannten Pigmentepithels der Chorioides bilden also nicht den Grund, auf welchem die Stäbchen- und Zapfenenden aufruhen, sie liegen vielmehr mit ihrem Haupttheil, soweit sie pigmentirt sind ganz und gar. zwischen den Aussengliedern von Stäbchen und Zapfen. Nur der äussere, nicht pigmentirte Theil. welcher den Kern enthält, ragt über die Stäbchenenden hinaus und berührt die Chorioides. Nur so erklärt sich die Möglichkeit, bei erhaltener Verbindung von Retina und Pigment das Mosaik der Stäbchen- (und Zapfen-) Enden durch das Pigment hindurch zu erkennen. Es ist dies Verhältniss zu berücksichtigen, wenn es sich um eine Erklärung der physiologischen Bedeutung des Pigmentes handelt. Zugleich zeigt dasselbe, wie viel inniger die Beziehungen der Pigmentschicht zu der Retina als zu der Chorioides sind, und wie wohl begründet der von mir früher [1]) gemachte Vorschlag ist, das Pig-

1) Observationes de retinae structura penitiori 1859, p. 16. Anmerkung.

mentepithel lieber Retinalpigment als Chorioidealpigment zu nennen. Wir werden unten sehen, dass nach der Entwickelungsgeschichte der Retina der Gebrauch, das Pigment der Chorioides zuzurechnen, jeden rationellen Boden verliert.

Ausser dem Kern umschliesst der äussere, bekanntlich mehr hyaline Theil der Pigmentzellen öfter gefärbte Fetttropfen, welche, wenn nur einer in jeder Zelle vorhanden ist, eine merkwürdig regelmässige Anordnung besitzen. H. Müller erwähnt derselben bereits vom Frosch und Kaninchen (VIII, p. 28 und 51), wo ich sie auch constant gesehen habe, ohne dass ich mir die geringste Vorstellung von einer besonderen Beziehung derselben zu den percipirenden Elementen selbst zu machen vermöchte. Bei der Taf. XIV, Fig. 1 gezeichneten Flächenansicht der mit den Pigmentzellen bedeckten Chorioidealfläche der Retina des Grasfrosches konnte ich sie überall in situ über dem gezeichneten Mosaik erkennen, wenn ich den Tubus des Mikroskopes um ein Weniges erhob. Dabei stellte sich heraus, dass diese gelben Fetttropfen in ihrer Lage ebenso oft der Grenze mehrerer Stäbchen entsprachen, als sie genau auf den natürlichen Querschnitt passten, von dem sie übrigens immer noch eine gewisse Strecke nach auswärts entfernt liegen.

II. Die Zapfen an der macula lutea und fovea centralis der menschlichen Retina.

Nach Henle's vielfach bestätigter Entdeckung enthält die gelb gefärbte Stelle der menschlichen Netzhaut im hinteren Pol des Augapfels in der percipirenden Schicht nur eine Art von Elementen. Denn die Zahl der Stäbchen zwischen den Zapfen nimmt im Umkreise des gelben Fleckes stetig ab, so dass endlich an der macula lutea selbst nur noch Zapfen übrig sind. Aber diese unterscheiden sich in mehrfacher Hinsicht von den Zapfen der peripherischen Theile der Retina, zunächst sehr wesentlich in dem Dickendurchmesser. Während dieser an den peripherischen Zapfen, also überall da, wo Stäbchen und Zapfen gemischt vorkommen, 0,006 — 0,007 Mm. beträgt, verjüngt sich derselbe schon an der Peripherie des gelben Fleckes zu 0,005—0,004 Mm., und nimmt, sobald die Stäbchen zwischen den Zapfen geschwunden sind und letzteren das Feld allein überlassen haben, nach dem Centrum des gelben Fleckes noch weiter ab. Die Veränderung in der Gestalt der Zapfen aus der Form dick-

bauchiger zu der langgestreckter flaschenförmiger Gebilde und die damit verbundene Abnahme in der Dickendimension war Kölliker und H. Müller bei ihren genauen Retinauntersuchungen nicht entgangen [1]; aber ihre Maassangaben passen nur auf den Rand. nicht auf die Mitte des gelben Fleckes. An dieser verdünnt sich die Retina bekanntlich an der Glaskörperseite mit ziemlich steil abfallendem Rande zu der fovea centralis, deren Durchsichtigkeit bei getrübter Retina so sehr gegen die Umgebung absticht, dass mitten im gelben Fleck ein Loch zu liegen scheint. Die Zapfenschicht setzt sich über diese dünne Stelle (Taf. XIII, Fig. 1) continuirlich fort.

Ich glaube der erste gewesen zu sein, der durch eine Reihe von Messungen nachwies, dass der Durchmesser der percipirenden Elemente in der fovea centralis noch fast um die Hälfte geringer sei als der der Zapfen des gelben Fleckes [2], den man nach H. Müller und Kölliker bis dahin den Berechnungen über die kleinsten erkennnbaren Distanzen zu Grunde gelegt hatte. Ich fertigte an mehreren sehr frisch nach dem Tode in conservirende Flüssigkeiten eingelegten und erhärteten Netzhäuten Durchschnitte durch die fovea centralis, und fand die dünnsten Zapfen derselben an ihrer Basis nur 0,002 bis 0,0025 Mm. dick. Frische menschliche Netzhäute zur Gewinnung von Flächenansichten der fovea standen mir nicht zur Disposition. Indem ich aber frische Netzhäute von Affen (Macacus cynomolgus) verglich und feststellte, dass die Elemente der fovea, welche ich hier frisch zu 0,0028 Mm. maass, in der Müller'schen Flüssigkeit ein wenig schrumpfen und nach der Erhärtung nur 0,0025 Mm. messen, kam ich zu dem Schlusse, dass die von mir gemessenen Zapfen der menschlichen Fovea frisch wahrscheinlich auch eine Dicke von 0,0028 Mm. besessen hätten. Sehr bald nach der Publikation meiner Maassangaben trat H. Müller mit einer Bestätigung derselben hervor [3], in welcher er angibt, dass nach seinen Maassen »an Flächenansichten frischer, wie erhärteter Präparate sowie an Schnitten« »gegen die Mitte des gelben Fleckes die Zapfen 0,003 Mm. an Dicke nicht überschreiten, wohl aber noch etwas dünner vorkommen«.

1) H. Müller l. c. VIII, p. 49.

2) Sitzungsber. der niederrh. Ges. f. Natur- und Heilkunde v. Juli 1861, p. 99, Reichert u. du Bois-Reymond's Archiv etc. 1861, p. 784.

3) Würzburger naturwissenschaftliche Zeitschrift Bd. II, p. 219 (nach Müller's Angabe am 2. November 1861 der phys.-med. Ges. mitgetheilt, im Februar 1862 zum Druck niedergeschrieben).

H. Müller hält individuelle Schwankungen in der Dicke dieser Zapfen für wahrscheinlich, da ihm »einige Mal noch merklich dünnere Zapfen« vorgekommen sind. Zu diesen übereinstimmenden, die Dicke der Zapfenkörper der fovea zu 0,0025—0,003 Mm. normirenden Angaben gesellt sich von dritter Seite eine Angabe, die als auf der Untersuchung ganz gesunder frischer Augen eines Hingerichteten beruhend die grösste Beachtung verdient. H. Welcker[1]) hatte in Halle Gelegenheit an den Augen eines 64jährigen Mannes in der ersten Stunde nach der Hinrichtung an der Flächenansicht der Retina Messungen der Elemente der fovea centralis auszuführen, deren Resultat er als Mittel aus zehn Einzelbestimmungen zu 0,0033 Mm. für die Basen der Zapfen angibt.

Wir wollen es vorläufig dahin gestellt sein lassen, in wie weit individuelle Schwankungen, Verschiedenheiten des Erhaltungszustandes und Abweichungen in der Bestimmung der Mikrometer an diesen Ungleichheiten Schuld haben. Gross sind jedenfalls die Differenzen nicht. Das beste Material zur Ausführung von Messungen werden immer ganz frische Netzhäute sein, die man in Serum so ausbreitet, dass die Chorioidealfläche der percipirenden Elemente der macula lutea dem Beobachter zugekehrt ist, und die man ohne Deckglas untersucht. Das frischste menschliche Auge, welches mir neuerdings zu solchem Versuche zur Disposition stand, enucleirte Hr. Dr. Saemisch hieselbst einem 12jährigen Mädchen und ward von mir wenige Minuten nach der Operation aufgeschnitten. Der Bulbus zeigte ein hochgradiges Staphylom der Cornea, welche vollkommen undurchsichtig war. Die Untersuchung der Flächenansichten der Retina ergab ein regelmässiges, normales Mosaik der Stäbchen und Zapfen, auch der gelbe Fleck war in seiner percipirenden Schicht ganz intact; aber in der fovea centralis lag ein Blutextravasat, deren sich auch an anderen Stellen einige zwischen Retina und Chorioides befanden, welches die percipirenden Elemente der fovea vollständig bedeckte, so dass hier keine Maasse genommen werden konnten. Dieses Auge bot aber in manchen anderen Beziehungen interessante Resultate, denn es wurde an demselben constatirt:

1) die Vertheilung der Stäbchen und Zapfen bleibt von einer gewissen den gelben Fleck in geringer Entfernung umkreisenden Linie an bis zur ora serrata genau dieselbe, so dass immer etwa

1) Zeitschr. f. rationelle Medicin 3. R. Bd. XX, 1863, p. 176.

3—4 Stäbchen in der kürzesten Entfernung zwischen je zwei Zapfen liegen (Taf. XII, Fig. 3). Ich habe ähnliche Beobachtungen schon früher an Menschen- und Affenaugen gemacht und beschrieben[1]). Danach muss ich der immer wiederholten Behauptung gegenüber festhalten, dass die Zahl der Zapfen nach der ora serrata nicht continuirlich abnehme. Mit Ausnahme des gelben Fleckes und seiner allernächsten Umgebung, in welcher die Zapfen noch etwas dichter stehen, ist, so weit meine Beobachtungen reichen, ein Unterschied in der Vertheilung von Stäbchen und Zapfen in verschiedenen Regionen der menschlichen Retina nicht vorhanden.

2) An der ora serrata nimmt plötzlich die Zahl der Stäbchen wieder ab. Die Zapfenkreise werden zu unregelmässig verzogenen Figuren, ihr Glanz schwindet, Zapfenstäbchen sind an ihnen nicht mehr zu beobachten (Taf. XII, Fig. 4). Die Zapfen nehmen das Ansehen etwa wie Epithelialzellen an, schliessen aber nicht dicht zusammen, auch sind Kerne in ihnen im frischen Zustande nicht zu entdecken. Endlich hören die Stäbchen ganz auf und es bleibt ein indifferentes, im frischen Zustande undeutlich zelliges Gewebe der pars ciliaris retinae übrig.

3) Die Stäbchen stehen streckenweis in deutlichen oft chagrinartig sich kreuzenden Bogenlinien (Taf. XII, Fig. 3). Ihre Chorioidealenden stossen nicht dicht zusammen. Es bleiben vielmehr recht ansehnliche Zwischenräume zwischen ihnen übrig, welche bei Beleuchtung der Retina von unten ganz dunkel erscheinen und die hellen Stäbchen wie Perlen auf dunklem Grunde hervortreten lassen. Dem Obigen zufolge sind aller Wahrscheinlichkeit nach diese Zwischenräume von dem anstossenden sogenannten Chorioidealpigment erfüllt gewesen.

4) In der Mitte der hellen, von den Zapfenkörpern herrührenden Flecke zwischen den Stäbchen bemerkt man etwas unter dem Niveau der freien Fläche der letzteren die Enden der Zapfenstäbchen. Diese zeigten sich durchweg von viel geringerem Durchmesser als gewöhnlich angegeben wird. Ich fand sie kaum 1 Mikromillimeter (0,001 Mm.) dick, so dass sie bei einem Durchmesser der Zapfenkörper von 6—8 Mik. etwa den 8—10ten Theil der Zapfenkörperdicke einnehmen.

Ich bemerke hier beiläufig, dass die Zapfenstäbchen eines grossen Affen (Cynocephalus Babuin), den ich kürzlich lebend erhielt, an

1) Reichert etc. Archiv 1861, p. 785.

ihrem Chorioidealende einen viel ansehnlicheren Durchmesser zeigten, nämlich 0,003 Mm. und darüber, während die Zapfenkörper und die Stäbchen zwischen den Zapfen in ihrem Durchmesser mit denen des Menschen übereinstimmten.

5) In überraschend regelmässiger Anordnung stellten sich die Zapfen der macula lutea dar. Ihre dicht aneinander liegenden und stellenweis eckig gedrückten Körper standen in Reihen, welche in Bogenlinien in der Richtung nach dem Centrum des gelben Fleckes convergirten und eine chagrinartige Zeichnung hervorbrachten, wie an der Peripherie der Fig. 1 auf Taf. XII a, bb, cc angegeben ist. Das Centrum des gelben Fleckes war, wie ich oben anführte, mit einem Extravasat bedeckt. Die Anordnung der Zapfen konnte hier also nicht beobachtet werden. Bis an den Rand der Fovea war die Chagrin-Zeichnung deutlich, und an der Peripherie liess sie sich verfolgen bis zu der Gegend, wo die ersten Stäbchen zwischen den Zapfen auftraten und die Regelmässigkeit der Anordnung störten.

Diese Beobachtung bestätigt die scharfsinnige Voraussage von Hensen[1]) in glänzender Weise. Eine schachbrettartige Anordnung der Zapfenkörper, schloss er, muss den Einfluss haben, dass feine Liniensysteme, wie die der Nobert'schen Probeplatten, wenn ihr Netzhautbild den Zapfenreihen parallel zu liegen kommt, besser gesehen werden, als wenn es die Reihen kreuzt. Da ein solcher Einfluss der Lage bei Betrachtung der Nobert'schen Platten nicht bemerkt wird, nahm Hensen die krummlinige Anordnung als die wahrscheinliche an und construirte ein Schema, welches dem von mir nach der Natur gezeichneten Bilde im Wesentlichen entspricht.

Was die Durchmesser der Zapfen an diesem Präparate betrifft, so maass ich am Rande der mit dem Extravasat bedeckten fovea Elemente bis 0,003 Mm., während die Zapfen nach der Peripherie sich schnell auf 4, 5 und 6 Mik. vergrösserten. Bei hoher Einstellung kamen über den Zapfenkörpern die Zapfenspitzen zum Vorschein. Auch deren Durchmesser nahm nach der Fovea zu noch etwas ab, so dass derselbe auf $^1/_2$ Mik. taxirt werden konnte.

Das andere oben erwähnte menschliche Auge mit gesunder Retina, welches mir durch seine gute Conservirung in Ueberosmiumsäure so wichtig wurde, kam eine Stunde nach der von Prof. Busch ausgeführten Operation in meine Hände. Nach dem Oeffnen des-

1) Virchow's Archiv Bd. XXXV, p. 403.

selben in Serum und dem Ablösen der die macula lutea bergenden Stelle der Netzhaut fand sich, dass die fovea centralis bereits eingerissen war. Ihre Elemente waren natürlich etwas aus der Lage gefallen, doch bot der Umkreis der Fovea auch hier wieder den Anblick der regelmässig bogenförmigen Anordnung der Zapfenkörper dar, wie ich sie oben beschrieben habe.

Die nach der Behandlung mit Ueberosmiumsäure genommenen Maasse ergaben für die Elemente der Fovea (Taf. X. Fig. 7) wieder 3 Mik., für die des Umkreises der Grube 4—5 Mik., also dieselben Zahlen wie vorhin. Trotz des Einrisses konnte ich feststellen, dass sich in jedem Durchmesser der Fovea etwa 50 Zapfenkörper von gleicher, unverändert circa 0,003 Mm. einnehmender Dicke vorfanden. Auf der von diesen Zapfen eingenommenen Fläche kann natürlich eine regelmässig bogenförmige Anordnung der Elemente in nach dem Centrum convergirenden Linien nicht vorhanden sein, welche an der Peripherie der Fovea mit der allmähligen Zunahme der Zapfenkörper an Dicke auftritt.

Später kamen mir noch zweimal frisch aus der Leiche entnommene Augen zu, deren Netzhäute sich in einem solchen Zustande befanden, dass ich die Anordnung und Grösse der percipirenden Elemente der fovea centralis übersehen konnte. An diesen Präparaten zeigte sich nach dem Ausschneiden des betreffenden Stückes Netzhaut in einem Schälchen mit Jodserum und der Uebertragung desselben auf ein Glasplättchen die Fovea zwar in so fern nicht mehr normal, als die inneren Schichten derselben, in welchen der gelbe Farbstoff seinen Sitz hat, mit zackigen Rändern eingerissen waren. Aber die Zapfenschicht hatte ihre Continuität nicht eingebüsst und war als feines Häutchen wohlerhalten geblieben. In diesem liess sich das Mosaik der Zapfenkörper gut erkennen, während die Zapfenspitzen allerdings bereits Veränderungen eingegangen waren. Die bogenförmige Anordnung der Zapfen an der ganzen macula lutea war wieder das erste, was sogleich auffiel. Die Dickendurchmesser an der Peripherie entsprachen genau dem oben Mitgetheilten. In der Fovea erhielt ich für die Zapfenkörper 0,0033—0,0036 Mm., wenn ich 4 oder 5 Zapfen zugleich maass und die erhaltene Zahl theilte. Beim Messen des einzelnen Zapfen fielen die Zahlen meist etwas niedriger aus, was auf die im ersten Falle mit gemessenen Zwischenräume zu schieben ist. Auf eine Strecke von etwa 0,2 Mm. hatten alle Zapfen der Fovea den gleichen geringen Durch-

messer; das würde auf diese Strecke in grader Linie 60 Zapfen ausmachen.

Mit diesen an frischen Präparaten genommenen Maassen der Zapfenkörper der menschlichen Fovea stimmen nahezu überein die Zahlen, welche die Messung der beiden in Fig. 2 und 3 auf Taf. XIII abgebildeten Präparate ergab. Es sind dies feine Schnitte durch die fovea centralis, welche Netzhäuten entnommen wurden, die in Müller'scher Flüssigkeit conservirt waren. Beide stammen von enucleirten Augen im Besitze des Dr. Iwanoff, Fig. 2 von einem mit Staphylom behafteten, Fig. 3 von einem Bulbus mit Atrophie des Sehnerven in Folge einer Geschwulst desselben in der Orbita. An beiden ist eine Atrophie der inneren Schichten der Retina vorhanden, während die Zapfenschicht der macula lutea sich vortrefflich erhalten zeigte. Der Dickendurchmesser der Zapfenkörper der Fovea beträgt an diesen Präparaten 0,003 – 0,0034 Mm.

Ausser der geringen Dicke bieten die Zapfen an der fovea centralis noch eine andere bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit dar, sie sind auch länger als die ihrer Umgebung. H. Müller hat an verschiedenen Stellen dieser Längenzunahme gedacht, am bestimmtesten in seinen »Bemerkungen über die Zapfen am gelben Fleck des Menschen« (Würzburger naturwiss. Zeitschr. Bd. II, p. 220), wo er sagt: »Die Zapfenspitzen sind übrigens in der Gegend der Fovea sehr verlängert, cylindrisch. Stäbchen ganz ähnlich, und übertreffen den Zapfenkörper bedeutend an Länge. Die ganze Zapfenlänge beträgt 0,6 Mm., vielleicht noch etwas mehr, während sie weiterhin an denselben Schnitten merklich abnimmt.« Desgleichen in seinem Aufsatze über das Auge des Chamäleon (ebenda Bd. III, p. 37): »Die Länge der Zapfen in der fovea ist beim Chamäleon trotz der Kleinheit des Auges bedeutender als beim Menschen. Dies ist wahrscheinlich als ein Vorzug zu deuten. Denn bei Menschen, Affen, Vögeln und dem Chamäleon selbst ist diese Länge überall in der Fovea grösser als sonst in derselben Retina.« (Die Länge der Zapfen im Grunde der Fovea des Chamäleon-Auges gibt H. Müller p. 36 zu 0,10 Mm. an. Hiemit stimmt die Zahl von 0,6 Mm. für die Länge der menschlichen Foveazapfen, welche doch kürzer als die des Chamäleon sein sollen, nicht überein. Es muss hier ein Irrthum obwalten, welcher auf dem Druckfehler 0,6 statt 0,06 Mm. beruhen wird, da die erstere Zahl als etwa 12 Mal grösser wie die gewöhnlichen Zapfenlängen unmöglich richtig sein kann.)

Auch mir waren die verhältnissmässig langen Spitzen der Foveazapfen an erhärteten Augen wiederholt aufgefallen. Aber so lange ich letztere nicht untadelhaft in situ gesehen hatte, wagte ich nicht zu entscheiden, ob die grössere Länge nicht allein in einer grösseren Resistenz derselben gegen conservirende Flüssigkeiten, also in einer besseren Erhaltung gegenüber den gewöhnlichen Zapfen ihren Grund habe, welche letzteren in ihren Spitzen oder Aussengliedern bekanntlich sehr vergängliche Gebilde sind. Zu einem vollständigen Verständniss der Angelegenheit gelangte ich durch einige glückliche Schnitte, welche ich durch eine mir von Dr. Iwanoff übergebene menschliche Retina anfertigte, die ohne plica centralis erhärtet und in ihrem hinteren Abschnitte mit dem schwarzen Pigment zusammen von der Chorioides abgelöst war. Es gelang zwei Schnitte nebeneinander durch die Fovea zu legen, welche beide in Zusammenhang mit dem Pigment blieben. Einen derselben habe ich auf Taf. XIII, Fig. 2 mit Hülfe der Camera clara abgebildet, jedoch nur die äusseren Schichten der Retina genauer detaillirt, da die inneren, wie die Dickendimensionen im Vergleich mit denen einer gesunden Retina (Fig. 1) zeigen, atrophisch waren. Die Abbildung erläutert auf den ersten Blick die Anordnung, welche die Natur getroffen hat, um die längeren Zapfen der fovea centralis unterzubringen. Die Chorioides, welcher das Pigment unmittelbar anliegt, zieht an der der Fovea entsprechenden Stelle ohne Niveaudifferenzen hin. Die Pigmentlage begränzt den Schnitt an seiner Chorioidealseite als gerade Linie. Aber die membrana limitans externa bildet einen dem der limitans interna an der Fovea entgegenkommenden Bogen, als wenn hier ein freier Zwischenraum zwischen ersterer und der Chorioides entstehen sollte. Dieser wird aber von den längeren Zapfen ausgefüllt, welche an unserem Präparate alle mit ihren feinen Chorioidealenden in voller Länge und in fester Verbindung mit dem Pigment erhalten sind. Natürlich convergiren diese feinen Enden gegen das Pigment und stecken in demselben näher aneinander als die Mitten der Zapfenkörper über der limitans externa von einander abstehen.

Die grösste Länge der Zapfen im Grunde der Fovea betrug an den beiden in Rede stehenden Schnitten inclusive der Pigmentschicht, in welcher ein Theil der Zapfen verborgen steckt, 0,118 Mm., d. i. etwas mehr als das Doppelte der Länge der Zapfen der peripherischen Theile der Retina, welche ich an demselben Auge zu 0,047 Mm. maass.

Dieses Präparat bringt mich auf die Erörterung eines sehr wichtigen Gegenstandes, nämlich des Durchmessers der Zapfenspitzen. Für mich war der erste Gedanke nach Anfertigung und Betrachtung der eben beschriebenen Schnitte durch die Fovea der, dass die Verlängerung der Zapfen an der Fovea darin ihren Grund haben müsse, dass durch sie eine möglichst grosse Annäherung der empfindlichen Punkte in der percipirenden Fläche herbeigeführt werde, indem ich von dem Gedanken ausging, dass diese percipirende Fläche diejenige sei, in welcher die von Pigment umhüllten und durch Pigment isolirten Zapfenenden liegen. Je geringer der Durchmesser der Chorioidealendflächen der Zapfenspitzen sei und je näher dieselben zusammenliegen, um so mehr Detail würde im Retinabilde erkannt werden können. Ich maass also auch die Zapfenspitzen, soweit sie nicht im Pigment versteckt lagen, und kam auf die geringe Zahl von höchstens 0,6 Mik. [1]) Gleichzeitig ist durch mehr theoretische Betrachtungen über die Erkennbarkeit kleinster Grössen Prof. Hensen in Kiel zu der Abfassung einer Abhandlung veranlasst worden, welche in Virchow's Archiv etc. Bd. XXXIV p. 401 erschien, und die Frage anregt, ob nicht statt der bisher den Rechnungen über die Perceptionsfähigkeit der Netzhaut zu Grunde gelegten Maasse der Zapfenkörper-Durchmesser, die der Zapfenstäbchen und ihrer Endflächen in Anwendung gezogen werden müssten. Da die Zahlen für letztere weit kleiner als die für die Durchmesser der Zapfenkörper sind, erhalten wir bei Verwendung jener ein zur Perception kleiner Bilder geeigneteres anatomisches Substrat. Die Lücken im Sehfelde aber, welche den Zwischenräumen zwischen den einander natürlich nicht berührenden Endflächen der Zapfenspitzen entsprechen, würden Gewohnheit und Augenbewegungen leicht ausgleichen.

Hiernach käme für die Feinheit der Perception noch ein anderes Moment ins Spiel als die Zahl der empfindlichen Punkte auf einer gegebenen Fläche. Wenn nämlich feststeht, dass Lücken im Gesichtsfelde, unempfindliche Stellen in der percipirenden Fläche, leicht durch Gewohnheit und Augenbewegungen ausgeglichen werden, wie nach dem Verhalten des Mariotte'schen blinden Fleckes nicht zu bezweifeln ist, so ist jedenfalls die Grösse der in feststehender Zahl in gewisser Ausdehnung vorkommenden empfindlichen Flecke nicht gleich-

1) Vergl. hierüber meine vorläufigen Mittheilungen in Bd. II dieses Archivs p. 169.

gültig. Nehmen wir die Endflächen der Zapfenspitzen als die allein erregbaren Stellen im Gesichtsfelde an, so erhalten wir auf blindem Grunde eine gewisse der Zahl der Zapfen entsprechende Menge kleiner empfindlicher Kreise. (Vergl. die Mitte der Fig. 1 auf Taf. XII.) Stände nun die Retina im Schacte unverrückbar fest, so wäre durch diese Anordnung gegenüber der, bei welcher die sich berührenden Zapfenkörper die empfindlichen Elemente sind, ein entschiedener Nachtheil gegeben. Da wir aber, wie bekannt ist, beim Fixiren und scharfen Sehen, unseren Bulbus in kleinen Excursionen wie zitternd bewegen, und wie Jeder an sich selbst leicht feststellen kann, diese Bewegungen ein wesentliches Hülfsmittel darstellen bei Versuchen über die Erkennbarkeit kleinster Distanzen, wird die scheinbar nachtheilige Einrichtung zu grossem Vortheil. Denn wenn nach E. H. Weber's und Volkmann's Versuchen feststeht, dass zur Perception einer Distanz zwischen zwei Linien die Breite wenigstens eines elementaren empfindlichen Kreises im Netzhautmosaik gehört, so wird nach unserer neuen Anschauung nicht die Breite des Zapfenkörpers, sondern die weit geringere des Zapfenstäbchens in Rechnung zu ziehen sein. Die Augenbewegungen, durch welche das Retinabild der Linien bald hier bald dort so fallen wird, dass eine Zapfenspitze in den Zwischenraum zu liegen kommt, während die Linien selbst näher oder ferner dieser Stelle andere Zapfenspitzen decken, ermöglichen die Perception, die bei feststehender Retina erst bei bedeutend grösserem Abstande der Linien erklärbar sein würde.

Nach diesen Erörterungen muss es natürlich von grösster Wichtigkeit sein, den Durchmesser der Zapfenstäbchen an der fovea centralis kennen zu lernen. Die Endfläche derselben ist nicht leicht zu messen. Gelänge es, wie bei den Vögeln (siehe oben), an der frisch mit dem Pigment abgehobenen Retina das Mosaik der in diesem Pigment steckenden Zapfenstäbchen zu erkennen, so hätten wir unseren Zweck erreicht. Da, wie schon H. Müller hervorhebt, das Pigment an der macula lutea und fovea centralis ziemlich fest haftet, so dürfte bei günstiger Gelegenheit ein solches Präparat schon einmal zu gewinnen sein, vorausgesetzt, dass die Zapfenenden, wie bei den Vögeln den pigmentirten Theil der Zelle durchsetzen. Erhärtete Präparate sind zu diesen Beobachtungen nicht wohl verwendbar, da an ihnen die Durchsichtigkeit der Theile sehr gelitten hat. Die wenigen maculae luteae, welche ich frisch untersuchen konnte, waren pigmentlos. An diesen konnte ich, da ich sie ohne Deckglas

unter das Mikroskop gebracht hatte, bei starker Vergrösserung durch Heben des Tubus die Zapfenstäbchen sehen. Nach den wiederholt von mir genommenen Maassen schätze ich die Endfläche derselben auf etwa $^1/_2$ Mikromillimeter, das wäre also wenn der Durchmesser des Zapfenkörpers 3 Mik. beträgt, der 6. Theil desselben. Ich habe versucht auf Taf. XII. Fig. 1 diese Zapfenspitzen der ganzen Fovea und eines Theiles ihres Umfanges so abzubilden, wie sie von schwarzem Pigment umgeben das Mosaik der Chorioideal-Fläche darstellen. Die Figur ist aus mehreren von verschiedenen Netzhäuten entworfenen Zeichnungen zusammengesetzt. Die bogenförmige Anordnung der Zapfen war vollkommen so regelmässig, wie die Figur wiedergibt. An der Fovea erleidet diese Regelmässigkeit eine Störung, hier ist nur noch im Allgemeinen die Tendenz zur Anordnung in Bogenlinien vorhanden, etwa wie an vielen Stellen der peripherischen Theile der Netzhaut die Stäbchen auch in Bogenlinien stehen (Fig. 3). Nicht direct beobachtet, also nachträglich hinzugesetzt, ist an der Fig. 1 nur die Pigmentumhüllung der Zapfenenden. Diese ist aber anderweitig bewiesen, z. B. durch die Fig. 2 auf Taf. XIII. Noch ist zu merken, dass die Zapfenspitzen an der Zeichnung ein wenig zu gross angegeben sind, dass also in der Natur die blinden Stellen um die Zapfenspitzen noch etwas mehr Raum einnehmen.

Es kann, wie aus Obigem hervorgeht, keinem Zweifel unterliegen, dass sich aus der Hensen'schen Annahme, die Zapfenspitzen seien die percipirenden Theile der Netzhaut, ein Vortheil für die Berechnung der Sehschärfe ergibt, sobald man, wie ich wiederholt hervorhebe, die steten minimalen Augenbewegungen beim Fixiren mit in Betracht zieht. Es unterliegt diese Annahme aber einem wesentlichen Bedenken, dessen Beachtung mir die höchste Bedeutung für unsere Vorstellungen über das Zustandekommen der Gesichtswahrnehmungen zu haben scheint. Es gründet sich dasselbe auf die physikalischen Verschiedenheiten von Innen- und Aussengliedern der percipirenden Elemente. Diese Verschiedenheiten sind namentlich bei den Stäbchen sehr auffallend und leicht zu beobachten. Krause[1]) hat das Verdienst, zuerst darauf aufmerksam gemacht zu haben, dass auch im ganz frischen Zustande eine scharfe Demarkationslinie zwischen diesen beiden, bereits früher bekannten Abtheilungen der Stäbchen existirt, ja es

1) Nachrichten v. d. Kön. Ges. d. Wiss. z. Göttingen 1861, Nr. 2.

hat den Anschein, als wenn sich noch eine Kittsubstanz zwischen dieselben einschöbe, von deren leichter Zerstörbarkeit die leichte Trennbarkeit von Innen- und Aussenglied abhängen würde. Die Verschiedenheit der chemischen Beschaffenheit beider Theile erläutert bei manchen Thieren auf das Schlagendste die Ueberosmiumsäure, durch welche z. B. beim Frosch nach gewisser Zeit die Aussenglieder tief schwarz gefärbt werden können, während an den haarscharf abgegrenzten Innengliedern kaum eine Andeutung schwärzlicher Farbe wahrnehmbar ist. Nimmt man dazu, dass die Aussenglieder sich frisch bei mechanischen Insulten sofort von den Innengliedern ablösen, so wird es sehr zweifelhaft, ob zwischen den beiden Theilen überhaupt die Continuität bestehe, welche dem Aussengliede die Bedeutung eines Endapparates der betreffenden Optikusfaser geben würde. Halten wir uns an die scharfe Demarkationslinie und die stärkere Lichtbrechung gegenüber dem Innengliede so ist nicht zu übersehen, dass Lichtstrahlen, welche auf dem gewöhnlichen Wege die inneren Retinalschichten durchsetzen und bis an die Grenze von Innen- und Aussenglied eines Stäbchens gelangt sind, bei dem Versuche in das stärker brechende Aussenglied einzudringen, wenn sie die Grenzfläche desselben schief treffen, wie von einem Spiegel grossentheils zurückgeworfen werden müssen; diese werden also nach dem Innengliede zu zurückkehren. Das Licht aber, welches trotz dieses Hindernisses dennoch in das Aussenglied eindrang, wird nach Brücke's bekannten, später noch ausführlicher zu erwähnenden Betrachtungen über die Stäbchenfunction zum Theil von den dunkeln Pigmentscheiden absorbirt, zum andern Theil wieder zurückgeworfen. Wenn aber den Aussengliedern die Rolle eines reflectirenden Apparates zukommt, können sie nicht zugleich percipirende Elemente sein, als solche würden vielmehr jetzt die Innenglieder, als die unzweifelhaften Nervenenden, gelten müssen. Diese werden von Licht in doppelter Richtung getroffen, von einfallendem und reflectirtem. Der ganze wundervolle Spiegelapparat der Aussenglieder kann natürlich nur den Zweck haben, das reflectirte Licht zur Perception zu bringen. Die Stelle des Innengliedes, welche von dem reflectirten Licht zuerst getroffen wird, ist die Grenzfläche gegen das Aussenglied, die Endfläche desselben. Sie ist das dem (reflectirten) Licht zugekehrte Nervenende, wie in den Augen der wirbellosen Thiere das dem einfallenden Licht zugekehrte vordere Ende der Sehnervenfasern. Wenn also ausschliesslich das reflectirte

Licht empfunden würde, wäre eine vollständige Analogie im Bau der Augen der wirbellosen und der Wirbelthiere hergestellt. Es fragt sich nun wie es sich daneben mit der Möglichkeit einer Perception des direct einfallenden Lichtes verhält. Ist es wahrscheinlich, dass die Licht percipirende Endfläche des Innengliedes zu dem molekulären Vorgange der Nervenleitung angeregt werde durch Aetherwellen, welche sie direct, in der Bewegung auf die freie Fläche zu, also hier als reflectirter Strahl treffen, und zugleich durch solche, welche von der entgegengesetzten Richtung kommend an ihr austreten? Wahrscheinlich ist es nicht, ja nach der Analogie mit bekannteren Vorgängen der Nervenleitung höchst bedenklich. Entweder müsste also noch eine andere percipirende Fläche für das einfallende Licht da sein — die Anatomie giebt keine Anhaltspunkte zur Annahme der Existenz einer solchen — oder das einfallende Licht wird überhaupt nur als reflectirtes Licht percipirt, was mir zunächst das Wahrscheinlichere zu sein scheint.

Erhalten diese Betrachtungen, auf welche ich in dem 6. Capitel noch einmal zurückkomme, für die Stäbchen Geltung, so ist ihre Richtigkeit auch für die Zapfen nicht zu bestreiten, so weit diesen auch eine scharfe Abgrenzung von schwächer brechenden Innen- und stärker brechenden Aussengliedern (Zapfenstäbchen) zukommt. Die auf Taf. X, Fig. 5, 6 und 7 abgebildeten, von Ueberosmiumsäure-Präparaten stammenden Zapfen der macula lutea und fovea centralis zeigen diese Abgrenzung, aber über die Gestalt und Länge des Aussengliedes lehren sie nichts Zuverlässiges, denn die betreffende Lösung der Säure (1 : 700) war zu schwach, um die Aussenglieder zu erhalten. An den Zapfen der Peripherie kommt bekanntlich die scharfe Abgrenzung überall vor, und wenn auf den Zeichnungen Taf. X, Fig. 1 und 2 dieselbe nicht angegeben ist, so beruht dies auf einem Versehen. Minder zuverlässig sind Präparate, welche in der Müller'schen Flüssigkeit erhärtet wurden. Denn wenn an ihnen auch die Grenzlinie der beiden Abtheilungen an den Stäbchen meist deutlich auffällt, vermisse ich dieselbe an den Zapfen namentlich der macula lutea und fovea centralis (Taf. X, Fig. 11 und 12, Taf. XIII, Fig. 3). Hier würden vor allen Dingen an ganz frischen menschlichen Netzhäuten neue Prüfungen vorzunehmen sein.

Ist, wie ich nach den Ueberosmiumsäure-Präparaten nicht bezweifle, auch an den Zapfen der fovea centralis die scharfe Abgrenzung vorhanden und fällt an ihnen, dem Obigen zufolge, die

Perception an die Endfläche des Innengliedes, so wäre also, um zu unserem Ausgangspunkte zurückzukehren, behufs der Gewinnung eines Maasses für die Sehschärfe der Durchmesser dieser Endfläche zu bestimmen. Bei dem Mangel vollkommen zuverlässiger Präparate kann ich denselben nur ungefähr schätzen, wonach ich auf die Zahl von 0,001 Mm. komme.

Natürlich gilt Alles das, was oben über den Vortheil gesagt worden, welchen die Sehschärfe aus der geringeren Grösse der percipirenden Fläche ziehen muss, auch unter der veränderten Annahme, dass nicht die Zapfenspitzen, wie Hensen annahm, der Licht empfindende Theil, vielmehr die Grenzflächen der Zapfenkörper gegen die Zapfenstäbchen als die eigentlich percipirenden Stellen anzusehen seien.

III. Die Entwickelung der Retina, namentlich der Stäbchen und Zapfen.

Zu einer genauen Kenntniss der Stäbchen und Zapfen, wie ich dieselbe zum nächsten Ziel meiner Studien über die Elemente der Retina gesetzt hatte, gehört natürlich auch die Kenntniss ihrer Entwickelung. Als ich mich zu Beobachtungen über diesen Gegenstand entschloss, war es aber nicht bloss der allgemeine Wunsch nach Vervollständigung meiner Untersuchungen, welcher mich zu denselben veranlasste. Ich trug mich damals vielmehr mit der Hoffnung, aus der Kenntniss der Entwickelungsart Aufschlüsse über die verschiedene Natur der Stäbchen und Zapfen zu gewinnen, über welche mir zu jener Zeit die oben mitgetheilten Beobachtungen noch nicht in der Vollständigkeit zu Gebote standen. Diese Hoffnung ging insofern nicht in Erfüllung, als der Entwickelungsmodus sich für Stäbchen wie für Zapfen übereinstimmend zeigte.

Ueber die embryonale Bildung der Stäbchen und Zapfen war, als ich meine Untersuchungen im Sommer 1862 begann, kaum etwas Sicheres bekannt. In seinen eben erschienenen Vorlesungen über Entwickelungsgeschichte war Kölliker der von Remak aufgestellten Ansicht, dass von den beiden Blättern der primitiven Augenblase das innere zur Retina, das äussere zur Chorioides werde[1].

1) Untersuchungen über die Entwickelung der Wirbelthiere p. 35—72. 91.

mit der freilich nur erst auf wenige Präparate gestützten Behauptung gegenübergetreten, dass das äussere Blatt nicht die ganze Chorioides, sondern nur die innere Pigmentlage derselben bilde (l. c. p. 284 u. 288). Ob aber nicht die Stäbchen und Zapfen, welche ganz jungen Embryonen, wie sie Kölliker verwandte, fehlen, nachträglich noch aus dem äusseren Blatte ihren Ursprung nehmen, darüber wie über die Entwickelung dieser Elemente überhaupt theilt Kölliker Nichts mit. Ich will hier gleich erwähnen, dass ich mich bald auf das vollständigste von der Wahrheit der Kölliker'schen Ansicht über die Theilnahme des äusseren Blattes der primitiven Augenblase bei der Bildung der Chorioides überzeugte. Das schwarze Pigment an der äusseren Seite der Retina bildet sich beim Hühnchen, wie Remak (l. c. p. 72) vollkommen richtig beschreibt, am Anfang des 5. Tages. Bis dahin sind die Entwickelungsvorgänge im äusseren Blatt der primitiven Augenblase am frischen Embryo mit der grössten Klarheit zu verfolgen, und bedarf es keiner besonderen Präparationen, um das Auftreten des Pigmentes ausschliesslich in dieser Schicht zu beobachten. Will man dies Pigment die erste Anlage der Chorioides nennen, so hat Remak Recht, wenn er sagt, diese Haut entsteht aus den Zellen des äusseren Blattes der Augenblase. Es fragt sich nur, ob durch Proliferation dieser pigmentirten Zellen auch die gefässhaltige Bindegewebsschicht der Chorioides ihren Ursprung nimmt. Dem ist aber nicht so. Remak hat diese Proliferation auch nicht beobachtet, er erschliesst sie mehr unter dem Eindruck der herrschenden Ansicht, dass die Pigmentzellen einen wesentlichen Theil der Chorioides darstellen. Die später auftretenden Capillaren und das pigmentirte Bindegewebe der Umgebung der Retina stehen, wie ich mich überzeugte, in keinem genetischen Zusammenhange mit den Pigmentzellen der primitiven Augenblase. Wenn diese letzteren also auch nach aussen neue Gewebe nicht bilden helfen, so wäre es doch möglich, dass sie sich, wie schon Remak[1]) fragte, an der Bildung der Stäbchen und Zapfen betheiligen, welche zur Zeit der ersten Pigmentirung noch ganz fehlen, und, wie wir sehen werden, zu den sehr spät auftretenden Elementen der Retina gehören. Hatten doch Huschke[2]) und Schöler[3])

1) l. c. p. 72.

2) Lehre von den Eingeweiden und Sinnesorganen 1844, p. 714 Anm.

3) De oculi evolutione. Diss. inaug. Mitau 1849, p. 29.

schon die Meinung vertreten, Zapfen und Stäbchen entständen aus dem äusseren Blatte der primitiven Augenblase, die übrigen Retinalschichten aus dem inneren, wobei sie die Bildung der Pigmentschicht unabhängig von der Metamorphose der primitiven Augenblase zu Stande kommen liessen. Schöler muss allerdings folgerecht das Pigment zur Retina rechnen, wenn er, was vollkommen richtig ist, sagt, die primitive Augenspalte habe mit der Chorioides Nichts zu thun, sondern gehöre allein der Retina an. Remak weist auf Grund seiner Untersuchungen am Hühnchen die Betheiligung des äusseren Blattes der primitiven Augenblase an der Bildung der Stäbchen und Zapfen zurück. Was er über diesen letzteren Vorgang sagt, beschränkt sich auf Folgendes (l. c. pag. 72 Anm.): »Gleichzeitig erfolgt auch die Sonderung der Retina in stratum bacillosum und tunica nervea. Sie beginnt am neunten Tage in der Nähe der Eintrittsstelle des Sehnerven damit, dass unter dem Schutze eines dünnen glatten Häutchens, von welchem die Retina alsdann noch eng umschlossen ist, die Stäbchenschicht sich nach Art eines Cylinderepitheliums erhebt. Die Sonderung schreitet zum Pupillarrande fort; doch scheint sie hier auch selbstständig aufzutreten, und der vom Boden der Augenblase ausgegangenen entgegenzukommen. Am achtzehnten Tage lässt sich an der Retina schon deutlich die Stäbchenschicht und die tunica nervea unterscheiden: beide sind innig mit einander verwachsen, während die Retina nur am Pupillarrande mit der Uvea zusammenhängt.« Auch Gray vergleicht in einer kurzen Notiz über die Entwickelung der membrana Jacobi [1]) ihr Aussehen beim 14 Tage bebrüteten Hühnchen mit einem Epithel der Chorioidealfläche der Retina. Die gelben Pigmentkügelchen, deren er weiter Erwähnung thut, sollen den Zellenkernen entsprechen. Am 21. Tage gleiche die Stäbchenschicht im Ansehen der des erwachsenen Thieres.

Diesen höchst aphoristischen Mittheilungen gegenüber unternahm ich die Untersuchung der Entwickelung der Stäbchen und Zapfen beim Hühnchen. Später sind einige wesentliche Fortschritte in unsere Kenntniss der Bildungsgeschichte der Retina durch die Beobachtungen von Babuchin gebracht worden [2]). Diese beziehen sich vorzugsweise auf

1) On the developement of the Retina etc. in den Philosoph. transactions v. J. 1850, p. 194.

2) Würzburger Naturwissensch. Zeitschr. Bd. IV, 1863, p. 71, Bd. V, 1864, p. 141.

Froschlarven und auf Säugethierembryonen. Ich komme auf dieselben, sowie auf einige kurze Notizen über denselben Gegenstand von Hensen und Ritter unten zurück, und theile hier zunächst im Zusammenhange meine das Hühnchen betreffenden Untersuchungen mit.

Als Ausgangspunkt wählte ich das in Fig. 1, Taf. VIII dargestellte Stadium in der Entwickelung des Auges, welches der 40. bis 50. Stunde der Bebrütung, also dem Ende des zweiten oder Anfang des dritten Tages entspricht. Das Bild, wie es hier gezeichnet ist, stellt sich dar bei der Seitenlage des frischen, durchsichtigen Embryo, ohne dass es einer besonderen Präparation bedarf. Aeusseres und inneres Blatt der primären Augenblase (a und i) haben sich dicht aneinandergelegt und umschliessen die Linse (l) ziemlich eng. Die Dicke der beiden Blätter stimmt nahezu überein [1]), ebenso wie ihre feinere molekulär körnige, zugleich radiär streifige Structur. Von Pigmentirungen ist auf diesem Stadium noch Nichts entwickelt. Gegen Ende des dritten Tages hat sich das Bild wie Fig. 2 verändert. Der Raum um die Linse, die secundäre Augenblase, (5. a) ist bedeutend erweitert, die Dicke der beiden Blätter der primären Augenblase eine verschiedene geworden. Die des äusseren hat ab-, die des inneren zugenommen [2]), so dass das erstere nur mehr als ein dünner Beleg auf dem letzteren erscheint. Der Uebergang beider Blätter ineinander ist auf dem optischen Querschnitt, wie die Figur ihn darstellt, ebenso wie auf dem wenig reiferen, in Fig. 3 gezeichneten Stadium sehr befriedigend zu übersehen. In letzterem misst die Dicke des äusseren Blattes nur ein Viertel von der des inneren [3]). Im Uebrigen stimmt dies Bild, welches einem 80 Stunden alten Embryo entnommen ist, mit dem vorigen ziemlich genau überein. Die feinere Structur beider erläutern Fig. 4 und 5 [4]), deren erstere sich auf Fig. 2, letztere auf Fig. 3 bezieht. Aeusseres und inneres Blatt bestehen beide aus einer leicht radiär strei-

1) Das äussere Blatt misst 0,022 Mm., das innere 0,038 Mm.

2) Aeusseres Blatt 0,019 Mm., inneres 0,040.

3) Aeusseres Blatt 0,0113 Mm., inneres 0,045. Bei einem anderen Auge, welches um die circa 70. Stunde der Bebrütung gemessen wurde, verhielten sich die beiden Blätter wie folgt: äusseres 0,014 Mm., inneres 0,034 Mm. Bei der ungleichen Entwickelung, welche man an Eiern der ersten Brüttage oft bemerkt, sind diese Zahlen natürlich auch einer gewissen Schwankung unterworfen.

4) Bei 350facher Vergrösserung gezeichnet.

figen Masse, in welche sehr kleine glänzende Körperchen eingebettet sind. Bald nach der 80. Stunde beginnt die Ablagerung schwarzen Pigmentes in der äussersten Schicht des äusseren Blattes, wie Fig. 6 zeigt, einem 100 Stunden bebrüteten Hühnchen entnommen. Es ist das Ende des 4. und der Anfang des 5. Tages, welche diese Veränderung bezeichnen, durch welche das Auge undurchsichtig wird, so dass nun ein Bild des optischen Querschnittes der beiden Blätter der primären Augenblase nicht mehr gewonnen werden kann. Anstatt der Uebergangsstelle des äusseren in das innere Blatt sieht man jetzt nur die durch Mangel des Pigmentes charakterisirte, wie Schöler richtig hervorhebt, ausschliesslich der Retina angehörige embryonale Augenspalte. Die in Fig. 2 und 3 mit x x bezeichneten, in den optischen Querschnitt eigentlich nicht hineingehörenden, noch weit klaffenden Ränder dieser Spalte haben sich genähert, wie in Fig. 7 dargestellt ist, welche Figur die äussere Ansicht des Auges um die 100. Stunde der Bebrütung wiedergibt. Nur über der Linse hat die Vereinigung der Ränder noch nicht stattgefunden. Um diese Zeit konnte ich bei Betrachtung der pigmentirten Schicht von der äusseren Fläche noch keine deutlich getrennten Pigmentzellen wahrnehmen. Solche lassen sich aber erkennen, sobald, wie schon am 6. Tage geschehen, die Pigmentirung intensiver wird. Dann zeigt sich, wie Fig. 9 erläutert, die Pigmentablagerung fleckweise und jeder Fleck von einem zarten hellen Hof umgeben. Es sind offenbar Zellen, deren Kern bei der Flächenansicht durch das Pigment verdeckt wird. Bei der Seitenansicht bemerkt man, dass die äusserlich pigmentirten Elemente kleine Prismen oder Pallisaden darstellen, welche die ganze Dicke des äusseren Blattes der primären Augenblase einnehmen, so dass diese also nur aus einer einzigen Lage von Zellen besteht (Fig. 8). Die Zellenabgrenzung, welche auf diesem Stadium noch sehr undeutlich ist, tritt unter der nun schnell vorschreitenden Grössenzunahme der Pigmentzellen sehr bald schärfer hervor, ebenso der Kern.

Mit dem Auftreten des Pigmentes und der Vergrösserung des Bulbus musste die bisher befolgte Methode der Untersuchung abgeändert werden. Inneres und äusseres Blatt der primären Augenblase waren frisch isolirt zu untersuchen, um den an der Berührungsfläche beider zu erwartenden Entwicklungsstufen der Stäbchen und Zapfen auf die Spur zu kommen. Ich schnitt desshalb die frischen embryonalen Augen im Aequator auf und trennte die Hälften in

mehrere Segmente, an denen sodann im humor vitreus oder Serum die Retina abgelöst wurde. Inneres farbloses und äusseres pigmentirtes Blatt trennten sich bis gegen Ende der embryonalen Entwickelung immer leicht voneinander, erst in den letzten Tagen der Bebrütung haftet das Pigment fester auf der Retina, was auf der Ausbildung der Stäbchen und Zapfen und der Pigmentscheiden für dieselben beruht. Die vom Pigment gelöste Retina wurde stets frisch von der äusseren Fläche und an Umschlagsrändern ohne Anwendung eines Deckglases untersucht, die Pigmentschicht wurde ebenso behandelt und in kleine Stücke zerzupft. Inneres und äusseres Blatt der primären Augenblase berühren sich am 6. Tage und weiter bis zum 9. mit vollkommen glatten Rändern. Das äussere beharrt auf seiner Zusammensetzung aus einer einzigen Schicht von Zellen, deren Pigmentirung die äussere Fläche einnimmt. Das innere Blatt wird nach Aussen durch einen sehr scharfen Contour abgegrenzt. Derselbe entspricht, wie wir weiter sehen werden, der membrana limitans externa, wie wir diese Begrenzung also weiter nennen wollen. Diese Fläche ist es, welche wir zunächst ins Auge zu fassen haben, denn auf ihr sprossen bald Höcker hervor, welche die Anlagen der Stäbchen und Zapfen sind. Noch am 8. und am Anfange des 9. Tages bleibt, wie erwähnt, die limitans externa glatt. Auf Flächenansichten bemerkt man unter ihr in einer feinkörnigen Grundmasse kernartige Gebilde (Fig. 10 und 12), welche der späteren äusseren Körnerschicht angehören. Dass eine solche von einer innern Körnerschicht noch nicht getrennt ist zeigt die Abbildung Fig. 11 vom 8. Tage, einem in Kali bichr. erhärteten Auge entnommen, an welcher l. e. die limitans externa, l. i. die interna bedeuten.

Dies Bild verändert sich im Laufe des 9. oder am Anfang des 10ten Tages, indem auf der m. limitans externa zarte halbkugelige Erhabenheiten auftreten, welche um ungefähr ebensoviel voneinander abstehen als sie selbst Durchmesser haben (Fig. 13 und 14). Anfänglich niedrig und klein, vergrössern sie sich bald am 11. bis 13. Tage (Fig. 16 und 17), wobei ihre halbkuglige Form und das Verhältniss ihrer Dicke zu ihren gegenseitigen Abständen aber wesentlich gleich bleiben. Die Zwischenräume zwischen den Höckern sehen anfänglich molekulär feinkörnig aus, werden dann aber grobkörnig und wachsen deutlich zu kleinen ebenfalls halbkugligen Hervorragungen aus, welche sich zu den grossen etwa wie die Stäbchen zu den Zapfen der menschlichen Retina verhalten (Fig. 19 und 21). Dies Verhält-

niss erhält sich unter fortwährender Grössenzunahme der erwähnten Höcker bis zum 17. Tage der Bebrütung (Fig. 22). Dabei schreitet die Differenzirung der inneren Structur der Retina continuirlich fort. Zunächst scheidet sich die äussere von der inneren Körnerschicht (Fig. 15) am 10. Tage, während am 13. (Fig. 18) auch schon die molekuläre Schicht scharf von der der inneren Körner abgesetzt ist, zugleich die Optikusfasern an der limitans interna immer deutlicher hervortreten.

Mittlerweile sind die anfänglich halbkugligen Höcker auf der limitans externa kegelförmig geworden und schreiten zunächst durch das Auftreten eines kleinen glänzenden Körnchens in ihrem Inneren in ihrer Entwickelung fort (Taf. IX. Fig. 1). Dasselbe liegt an der Spitze der Höcker und ist constant in allen denjenigen vorhanden, welche die dünneren, schmaleren sind. Aber auch in den dickeren Elementen bildet sich etwas Aehnliches aus, ein glänzendes Körperchen, das bei der Flächenansicht oft noch von einem helleren Kreise umgeben liegt. Die glänzenden Körnchen sind die Vorläufer der gefärbten Kugeln, welche die Retina des reifen Huhnes wie der meisten Vögel auszeichnen. Denn schon am 18. Tage der Bebrütung bemerkt man einzelne dieser Körnchen tief rubinroth gefärbt (Taf. IX, Fig. 2), dazwischen färben sich andere am 19. Tage gelb (Fig. 3). Diese überwiegen schliesslich bedeutend an Zahl, so dass die rothen in ziemlich weiten regelmässigen Entfernungen stehen bleiben, während dazwischen viele gelbe zum Vorschein kommen. Alle werden schon am 20. Tage erheblich grösser (Fig. 4). Endlich sind alle oder fast alle der kleineren, schmaleren Höcker mit solchen gefärbten Kugeln versehen. In den grösseren dagegen treten keine solchen auf. Ueber die gefärbten Kugeln hinaus ragt jetzt, wie die Profilansichten (Fig. 3 und 4 a) lehren, eine feine glänzende Spitze. Dadurch ist jeder Zweifel über die Bedeutung dieser Gebilde gehoben, es sind die sich entwickelnden Zapfen. Höchst merkwürdiger Weise hat sich während dieser Entwickelungsvorgänge der Unterschied im Durchmesser der grösseren und kleineren Höcker, die wir nun als Elemente der Stäbchen- und Zapfenschicht erkannt haben, mehr und mehr ausgeglichen. Die dünnen sind dicker, die dicken aber auch wieder etwas dünner geworden. Aus dem glänzenden Körperchen der dünnen hat sich die rothe oder gelbe Kugel entwickelt, die ähnlichen Gebilde der dickeren Höcker haben dagegen einen anderen Entwickelungsgang genommen. Auf der Flächenansicht (Fig. 2, 3 und 4) zeigen sie

sich als allmählig an Umfang zunehmende Kreise. In der That sind es farblose glänzende Aufsätze auf den Höckern, welche den Zapfenspitzen entsprechen aber nicht zugespitzt endigen, sondern ihre Dicke gleichmässig beibehalten. Es sind die Aussenglieder der Stäbchen.

So sind denn alle Elemente der Stäbchen- und Zapfenschicht, wie wir sie beim erwachsenen Huhn kennen gelernt haben, auf der embryonalen Retina zur Entwickelung gelangt, und das eben auskriechende Hühnchen (Taf. IX. Fig. 5) unterscheidet sich mit Rücksicht auf diese Elemente vom erwachsenen (Fig. 6) nur noch durch den geringeren Dickendurchmesser derselben.

Noch ist zu erwähnen, dass in allen Augen von Hühnerembryonen, bei denen die Entwickelung der Stäbchenschicht begonnen hat, die Gegend der ora serrata hinter dem Augengrunde etwas zurücksteht. Dies geht so weit, dass beim eben ausgekrochenen Hühnchen (Fig. 5) die Gegend der ora serrata (Fig. 5 a) etwa das Ansehen bietet wie der Augenhintergrund am 17. Tage der Bebrütung, demnach etwa um 4 Tage zurück ist.

Während dieser Veränderungen an der Oberfläche der m. limitans externa hat sich die anliegende Pigmentschicht so zu sagen indifferent verhalten, d. h. keinerlei andere Veränderungen durchgemacht als mit dem Breiten- und Dickenwachsthum der Zellen und der Ausbildung der Pigmentscheiden nothwendig verbunden sind. An der Bildung der Stäbchen- und Zapfenschicht nimmt sie keinen Theil. Aber auch die Bildung der Chorioides geht unabhängig von ihr von Statten. Die ersten Spuren einer isolirbaren Chorioides beobachtete ich am 9. Tage der Bebrütung. Es ist eine dünne Lage Capillargefässe enthaltenden Bindegewebes, welches sich scharf von der Pigmentschicht abhebt, mit der bereits Knorpel führenden Sclera dagegen inniger zusammenhängt. Dieses Bindegewebe ist vollkommen pigmentlos. Dieser Umstand ist von grosser Bedeutung. Denn wenn eine Proliferation der namentlich auf der äusseren Fläche pigmentirten Zellen des äusseren Blattes der primären Augenblase, wie sie trotz der grössten Aufmerksamkeit den Beobachtern entgangen sein könnte, die Bildung der Chorioides veranlasste, würde die letztere unfehlbar von ihrem ersten Auftreten an Pigment führen. Dies ist nicht der Fall. Die Chorioides nimmt erst später und dann gleichzeitig mit gewissen Theilen der Sclera Pigment in ihren Bindegewebszellen auf.

In Uebereinstimmung mit diesen Beobachtungen steht, was Babuchin über das Schicksal des äusseren Blattes der primären

Augenblase nach Untersuchungen an Hühnerembryonen meldet[1]). Auch er sah aus diesem Blatte ausschliesslich das Pigmentepithel entstehen. Zur Verfolgung der Stäbchen- und Zapfen-Entwickelung schienen ihm Hühnerembryonen »wegen der Kleinheit und Feinheit der Elemente zu schwierig.« Babuchin wandte sich desshalb an Frosch- und Tritonen-Larven. Zapfen und Stäbchen entwickeln sich hier deutlich als Auswüchse der Zellen der äusseren Körnerschicht. Später[2]) fügt Babuchin noch kurz hinzu, dass er auch bei Hühnern und Säugethieren das Auswachsen der Stäbchen und Zapfen aus den äusseren Körnern und »präformirten Ausläufern« derselben beobachtet habe, giebt über die Zeit dieser Entwickelung aber Nichts an. Auf die übrigen werthvollen Angaben Babuchin's, die Differenzirung der anderen Retinalschichten betreffend, will ich hier als unserem Zwecke ferner liegend nicht weiter eingehen. Ebenso hebe ich aus Hensen's Aufsatz »zur Entwickelung des Nervensystemes« in Virchow's Archiv Bd. XXX, p. 76, nur das hervor, dass auch er bei Hühner- und Säugethierembryonen das Pigment in dem äusseren Blatte der primären Augenblase auftreten sah, während das innere Blatt zur Retina wird, »doch machen«, fährt Hensen fort, »die äusseren Theile der Stäbchen davon vielleicht eine Ausnahme, da sie mit den Pigmentzellen vom äusseren Theil der Augenblase gebildet zu werden scheinen.« Diese Annahme bestätigt sich weder für die Vögel noch für die Säugethiere.

Ich will nun noch in der Kürze mittheilen, was ich über die Entwickelung der Retina bei Säugethieren beobachtet habe. Feine Schnitte durch erhärtete Embryonen früher Entwicklungsstadien sind sehr geeignet, die Metamorphose des äusseren Blattes der primären Augenblase in die Pigmentzellen wie beim Hühnchen zu demonstriren[3]). So zeigen mir die durch einen 2 Ctm. langen Kaninchenembryo gelegten Schnitte ungefähr wie die von Babuchin l. c. Bd. V., Taf. IV. Fig. XIV gegebene Abbildung von dem Auge eines Maus-Embryo, aufs Deutlichste, wie das innere Blatt, die eigent-

1) l. c. IV, p. 81.

2) l. c. V, p. 142.

3) Zur Erhärtung lege ich Embryonen in 1—2procentige Lösung von Kali bichromicum oder in Müller'sche Flüssigkeit und nach ein- bis zweiwöchentlicher Einwirkung in absoluten Alcohol, oder erst in Holzessig und dann in Alcohol.

liche Retina, und das äussere, die einfache Lage von Pigmentzellen, vorn am Linsenrande in einander übergehen, wobei die Pigmentirung erst eine kurze Strecke hinter dem Umschlagsrande anfängt. Die Grenze des inneren Blattes gegen die leicht abhebbaren Pigmentzellen bildet eine scharf gezeichnete Linie der späteren membrana limitans externa entsprechend. Von Stäbchen und Zapfen ist Nichts vorhanden, ebenso ist eine Chorioides als besondere Haut noch nicht differenzirt.

Von frischen Rindsembryonen untersuchte ich 15, 20 und 25 Ctm. lange Exemplare. Bei allen diesen schloss die Retina gegen die einfache Lage der Pigmentzellen mit der membr. limitans externa scharf ab, von Stäbchen und Zapfen zeigte sich keine Spur. In den in Müller'scher Flüssigkeit und in 20% Salpetersäure erhärteten Augen der 15 und 20 Ctm. langen Embryonen konnte die Nervenfaserschicht der Retina zwar deutlich erkannt werden, die übrigen Schichten waren jedoch noch nicht scharf voneinander getrennt und bestanden ausschliesslich aus Spindelzellen mit langen an den membranae limitantes abgestutzten Ausläufern und längsovalen Kernen.

Vom Schaaf standen mir frische Embryonen von 2, von $3\frac{1}{2}$, von 7, von 14 und von 30—35 Ctm. Länge zur Disposition, letztere fast oder ganz ausgetragen. Unter diesen fanden sich Stäbchen und Zapfen nur bei den bereits behaarten, fast ganz ausgetragenen Embryonen vor. Dieselben überragten die membr. limitans externa auf ganz ansehnliche Strecke, waren aber kürzer und vor Allem viel feiner als bei erwachsenen Thieren. Den genannten jüngeren Embryonen fehlten dieselben dagegen noch vollständig. Auch die scharfe Schichtung der Retina entwickelt sich erst spät, denn sie fehlt dem 14 Ctm. langen Embryo noch theilweise, insofern sich hier zwar Faser-Ganglienzellen- und Molekulär-Schicht unterscheiden liessen, die äussere von der inneren Körnerschicht aber noch nicht deutlich getrennt war. Bei den früheren Stadien wurden mit Ausnahme der Opticusfaserschicht nur spindelförmige, radiäre Faserzellen mit längsovalen Kernen und dreieckigen Anschwellungen nach den membranae limitantes hin als Elemente der Retina erkannt. Die Pigmentschicht zeigte sich bei den jüngsten Schaafembryonen von 2 und $3\frac{1}{2}$ Ctm. Länge in so fern eigenthümlich, als sie in mehreren Schichten übereinander liegende Kerne enthielt und nur in der innersten, der limitans externa angrenzenden Schicht pigmentirt war. Die Pigmentzellen stellen auf diesem Stadium noch ziemlich langgestreckte, palli-

sadenähnlich gruppirte Zellen dar, die sich später bei einem grösseren Wachsthum in die Fläche verkürzen. Von einer Chorioides war auf diesem Stadium noch Nichts vorhanden. Eine solche ist aber bei dem 7 Ctm. langen Embryo mit sehr weiten Capillaren deutlich entwickelt aber pigmentlos, enthält dagegen bei dem 14 Ctm. langen Embryo bereits stern- und spindelförmige Pigmentzellen.

Geht aus diesem Befunde beim Schaaf hervor, dass die Entwickelung der Stäbchen auch bei den Säugethieren der Differenzirung der übrigen Schichten verhältnissmässig spät nachfolgt und erst an das Ende des embryonalen Lebens fällt, so tritt dies Verhältniss in noch überraschenderer Weise bei jungen Kaninchen und Katzen hervor. Beide Thiere besitzen bei der Geburt noch keine Spur von Stäbchen und Zapfen. Die Blindheit der Neugeborenen beruht also nicht allein in der Verklebung der Augenlider, der Verschluss hat vielmehr seinen inneren Grund in der noch mangelnden Ausbildung der Retina. Beim neugeborenen Kätzchen finde ich die Retina vollständig glatt durch die scharfe Linie der m. limitans externa abgeschlossen, beim Kaninchen erheben sich über dieselbe eben die ersten Spuren ausserordentlich kleiner Höcker, welche der Flächenansicht ein gleichmässig körniges Ansehen geben. Diese wachsen innerhalb der ersten acht Tage langsam zu sehr feinen Stäbchen aus, ohne dass ich dickere Elemente, Zapfen zwischen ihnen bemerken konnte. Beim Kätzchen konnte ich am 4. bis 5. Tage nach der Geburt die Anlage der Zapfen und Stäbchen erkennen, die ersteren als grössere, etwa 3 Mik. im Durchmesser haltende, die der Stäbchen als viel feinere, kaum messbare, höchstens $\frac{1}{2}$ Mik. im Durchmesser betragender Höckerchen. Die Flächenansicht ändert sich wenig bis zum 8.—9. Tage, wo sich die Augenlider öffnen. Die Umschlagsränder der Retina zeigen aber eine langsame Zunahme der Stäbchen an Länge. Am 13. Tage nach der Geburt sind dieselben lang fadenförmige Gebilde ähnlich wie beim erwachsenen Thier aber von viel grösserer Feinheit. Ueber die Fortbildung der Zapfen, welche auch beim erwachsenen Thier einen nur geringen Durchmesser besitzen, vermag ich nichts weiter auszusagen. Bei der neun Wochen alten Katze sind die Stäbchen 1,5, die Zapfen 3 Mik. dick.

Indem ich die frische Retina des 4—5 Tage alten Kätzchen mit Ueberosmiumsäure behandelte, konnte ich dieselbe durch Zerzupfen sehr gut in quere Blätter spalten und über die Beschaffenheit der

einzelnen Schichten Folgendes feststellen. Die Stäbchen waren nur eben als kleine Höcker über der m. limitans externa angedeutet; die äussere Körnerschicht besass eine sehr ansehnliche Dicke (im Hintergrunde des Auges wie in der Nähe der ora serrata 0,130 Mm., während die ganze Dicke der Retina dort 0,3 Mm. betrug) und bestand aus etwa 12 Lagen längsovaler nach Aussen und Innen fein zugespitzter Körner mit unterbrochenen Querstreifen; die Zwischenkörnerschicht ist deutlich; die innere Körnerschicht besteht aus einigen Lagen von Kernen, kuglige und ovale, mit deutlichem Kernkörperchen. Radialfasern sind sichtbar; molekuläre Schicht wie beim erwachsenen Thier; in der Ganglienzellenschicht grosse runde Kerne mit grossen Kernkörperchen, die Zellsubstanz zwar meist unverkennbar um die Kerne vorhanden, aber nicht deutlich nach Aussen abgegrenzt; zarte, ungemein feine Optikusfasern; die radialen Stützfasern mit deutlichen kegelförmigen Anschwellungen an der m. limitans interna.

Beim Menschen fällt die Entwicklung der Stäbchen und Zapfen wie bei den Wiederkäuern, welche wie der Mensch mit offenen Augenlidern geboren werden, vor die Geburt. Die Retina des neugeborenen Kindes ist geschichtet wie die des Erwachsenen. Hinreichend frische Embryonen aus den letzten Monaten der Schwangerschaft kamen mir nicht in die Hände, so dass ich die Bestimmung der Zeit, zu welcher die erste Bildung der Stäbchen vor sich geht, späteren Untersuchungen vorbehalten muss. In der 24. Woche fand ich noch keine Spur derselben. Ritter behauptet allerdings [1], dass der von ihm untersuchte menschliche Foetus aus der zehnten Woche in allen Theilen fertig gebildete Stäbchen besessen habe, mit Hülle, Inhalt und centralem, knopfförmig angeschwollenem Faden, von welchen Theilen ich freilich auch beim Erwachsenen Nichts zu unterscheiden vermag.

IV. Ueber die Verschiedenheiten von Stäbchen und Zapfen mit besonderer Berücksichtigung ihrer Function.

Mit der Erweiterung unserer Kenntnisse des Baues und Vorkommens der beiden verschiedenen Elemente der percipirenden Schicht der Netzhaut, der Stäbchen und Zapfen, tritt die Frage an

1) Die Structur der Retina etc. p. 32 u. 52.

uns heran, ob dadurch Anhaltspunkte gewonnen seien, der bis dahin unbekannten physiologischen Verschiedenheit der genannten Elemente auf die Spur zu kommen. Ich glaube, dass sich jetzt wenigstens die Richtung, in welcher diese Unterschiede zu suchen sind, mit einiger Sicherheit bezeichnen lässt, und möchte im Nachfolgenden meine bezüglichen Ansichten kurz darlegen.

Die anatomischen Grundlagen, auf welche wir uns dabei zu stützen haben, sind kurz recapitulirt folgende:

1) Die Verschiedenheit der Grösse und Gestalt. Diese drückt sich namentlich in dem sogenannten Innengliede aus, welches bei den Stäbchen immer von dem Aussengliede scharf abgesetzt ist und auch bei den Zapfen als Zapfenkörper vom sogenannten Zapfenstäbchen differirt. Die Innenglieder bestehen bei Stäbchen wie bei Zapfen aus einer im ganz frischen Zustande fast structurlos erscheinenden, aber sehr schnell nach dem Tode und in fast allen conservirenden Flüssigkeiten mehr oder weniger deutlich körnig gerinnenden Substanz, welche, nach mikrochemischen Reactionen zu urtheilen, mit Eiweisssubstanzen, z. B. Protoplasma junger Zellen, die meiste Aehnlichkeit besitzt. Eine wesentliche Verschiedenheit zwischen der Substanz der Innenglieder von Zapfen und Stäbchen besteht darin, dass gewisse Concentrationsgrade der Ueberosmiumsäurelösung in den Zapfenkörpern eine parallele Längsstrichelung sehr deutlich machten, die ich unter gleichen Verhältnissen an den entsprechenden Theilen der Stäbchen nicht bemerken konnte (Taf. X. Fig. 8). Die absoluten Dickendurchmesser der Innenglieder geben keinen durchgreifenden Unterschied ab, denn wenn z. B. an der menschlichen Retina der Zapfen an den bei weitem meisten Stellen reichlich doppelt so dick als das Stäbchen ist, werden die Zapfenkörper der fovea centralis ganz ebenso dünn wie Stäbcheninnenglieder. Die Aussenglieder bestehen aus einer viel stärker lichtbrechenden, nach dem Tode in anderer Weise gerinnenden Substanz als die Innenglieder. Körnig wie Protoplasma wird diese Substanz nicht, sie erhärtet entweder als eine homogene Masse oder schrumpft in eigenthümlichen Verbiegungen mit Spaltungserscheinungen namentlich in querer aber auch in der Längs-Richtung. Dass eine Hülle und ein Inhalt, eine Rinde und ein centraler Faden an ihnen zu unterscheiden sei halte ich, wie bereits angeführt, für äusserst unwahrscheinlich. Die Aussenglieder der Stäbchen sind cylindrisch, wobei eine ganz geringe Abnahme des Dickendurchmessers nach der

Chorioides zu vorkommen kann (Frosch), die der Zapfen haben dagegen eine ausgesprochen kegelförmige Gestalt, indem sie ihre Basis dem bereits stark verjüngten Zapfenkörper, die feine Spitze dem Pigment zukehren. Hier endigt die letztere oft früher als die benachbarten Aussenglieder der Stäbchen, so dass dann die Stäbchen länger sind als die Zapfen.

2) Eine sehr bemerkenswerthe Verschiedenheit zwischen Stäbchen und Zapfen macht sich geltend in den von ihnen ausgehenden, der äusseren Körnerschicht angehörenden Fasern. Diese besitzen bei den Zapfen eine ansehnliche, unter Umständen 2—5 Mik. betragende Dicke, erscheinen hie und da fein längsstreifig, wie aus Fibrillen zusammengesetzt, und lösen sich stets an der oberen Grenze der Zwischenkörnerschicht in eine nicht näher bestimmte Anzahl feinster Fäserchen auf, welche sich in dieser Schicht verlieren. Die von den Stäbchen ausgehenden Fasern dagegen sind von kaum messbarer Dicke, lassen sich übrigens auch nur bis an die Zwischenkörnerschicht verfolgen, an deren oberer Grenze sie mit einer kleinen Anschwellung zu endigen pflegen, deren Bedeutung noch dunkel ist. Jede Stäbchen- und jede Zapfenfaser steht an einer Stelle ihres Verlaufes mit einer Zelle, einem äusseren Korn in Verbindung, so dass die äusseren Körner in Stäbchen- und Zapfenkörner unterschieden werden müssen, von denen die letzteren wenigstens bei Säugethieren grösser als die ersteren sind. Beiderlei Faserarten tragen die Merkmale von Nervenfasern an sich, sie sind den Fasern der Optikusschicht der Retina sehr ähnlich, dagegen von den bindegewebigen Stützfasern in mannigfacher Beziehung verschieden.

3) Am gelben Fleck der menschlichen und Affen-Retina finden sich ausschliesslich Zapfen. Doch schon an seiner Peripherie stellen sich Stäbchen zwischen den Zapfen ein, und wenige Millimeter von der Mitte der macula lutea nach Aussen sind deren bereits zwei bis drei zwischen je zwei Zapfen, wie es dann bis zur ora serrata constant bleibt. Wie sich die Zapfen am gelben Fleck häufen, nehmen die Zapfen- und auch die noch einzeln zwischen ihnen liegenden Stäbchenfasern einen schiefen Verlauf an, indem sie vom Centrum des gelben Fleckes meridional- und vorwärts strahlig divergiren, um erst nach kürzerer oder längerer Abweichung von der radialen Richtung die Zwischenkörnerschicht zu erreichen.

4) Bei den meisten Säugethieren ist das Mengenverhältniss der Stäbchen und Zapfen zueinander ganz ähnlich wie beim Menschen,

mit Ausnahme natürlich des gelben Fleckes. Bei manchen fehlen aber die Zapfen gänzlich. Es sind das diejenigen Thiere, welche im Dunkeln zu leben vorziehen, Fledermäuse, Igel, Maulwurf, Maus und wahrscheinlich noch eine ganze Menge anderer. Beim Kaninchen, welches bekanntlich im Naturzustande in unterirdischen Gängen lebt, sind zwar Andeutungen von Zapfen vorhanden, doch scheinen diese ganz rudimentär zu sein. Die Katze hat deutliche aber dünne Zapfen, welche zerstreut stehen, so dass die doppelte bis dreifache Quantität Stäbchen zwischen ihnen Platz findet im Vergleich zur menschlichen Retina.

5) Die Vögel haben viel mehr Zapfen wie Stäbchen, so dass letztere etwa stehen wie die Zapfen beim Menschen. An den beiden foveae centrales der Falken-Retina finden sich nur Zapfen. Aber die Eulen gleichen fast den Fledermäusen, in ihrer Retina sinken die Zapfen gänzlich zurück, während die Zahl der Stäbchen enorm zunimmt. In der Eulenretina kommen nur in ziemlich grossen Zwischenräumen zerstreute Zapfen vor, und über diese drängen sich die Stäbchen mit ihren sehr langen Aussengliedern so zusammen, dass erstere schwer zu finden sind.

6) Die Zapfen der Vögel sind durch ein sehr eigenthümliches Merkmal ausgezeichnet. Die bei weitem grösste Zahl derselben besitzt an der Spitze des Innengliedes unmittelbar vor der Stelle, wo sich das Aussenglied anschliesst, eine bei Säugethieren, so viel bis jetzt bekannt ist, allgemein fehlende Einlagerung, eine stark lichtbrechende Kugel, meistens intensiv gelb oder roth gefärbt. Die gelben sind zahlreicher, die rothen seltener. Die gefärbten Kugeln haben einen Durchmesser genau entsprechend den Basen der Aussenglieder, so dass letztere kein Licht erreichen kann, welches die Kugeln nicht passirte. Diejenigen wenigen Zapfen, welche der gefärbten Kugel entbehren, enthalten an der entsprechenden Stelle eine farblose stark lichtbrechende Kugel. Die wenigen Zapfen, welche die Eulen besitzen, sind mit blassgelben oder farblosen Kugeln ausgerüstet. Rothe fehlen in der Eulenretina gänzlich (Strix aluco, noctua und flammea).

7) Unter den Reptilien scheinen einige (die Schildkröten) den Vögeln im Bau der Retina zu gleichen. Eidechsen und Schlangen besitzen nur Zapfen, und zwar einige mit gelben Pigmentkugeln an derselben Stelle wie in den Zapfen der Vögel (Lacerta, Anguis fragilis), andere ohne solche (Chamäleon, Schlangen).

8) Die Amphibien (Frösche, Kröten, Tritonen und Salamander) haben gewaltig dicke Stäbchen, aber sehr kleine Zapfen, in jedem der letzteren findet sich eine hellgelb gefärbte oder eine farblose Kugel an der Grenze von Innen- und Aussenglied.

9) Die Knochenfische besitzen, soweit die bisherigen Untersuchungen reichen, Stäbchen und Zapfen wie die Säugethiere, letztere ohne Pigmentkugeln. Die Rochen und Haifische entbehren dagegen der Zapfen gänzlich, wie die Fledermäuse unter den Säugethieren.

10) Der Unterschied, welcher sich bei Säugethieren und Fischen in der Dicke der Stäbchen- und Zapfenfasern so auffällig geltend macht, fällt bei den Vögeln und Amphibien nicht in die Augen. Wie sich diejenigen Reptilien verhalten, deren Retina Stäbchen und Zapfen besitzt (es scheinen dies nur die Schildkröten zu sein), ist noch nicht ausgemittelt.

Die Organisation des gelben Fleckes und der fovea centralis der menschlichen Retina gibt uns den Beweis, dass die Zapfen allein nicht nur zum Sehen ausreichen, sondern auch entschiedene physiologische Vorzüge vor den Stäbchen besitzen. Aber auch die Stäbchen reichen zum Sehen allein aus, denn die Fledermäuse und einige andere oben genannte Säugethiere entbehren der Zapfen gänzlich. Bei der sonst vollkommenen Organisation ihres Auges wird ihnen Niemand die Fähigkeit zu sehen absprechen wollen. Aber diese Säugethiere ohne Zapfen in der Retina ziehen die Dämmerung oder Nacht dem Tageslichte vor. Man könnte hiernach die Frage stellen, welche durch die Retina zu vermittelnde Empfindung im Dämmerlichte nicht zur Geltung komme, und so einen Rückschluss auf die Bedeutung der Zapfen versuchen. Bezeichnen wir mit Aubert[1]) die drei Grundempfindungen des Gesichtssinnes mit den Ausdrücken Lichtsinn, Farbensinn und Raumsinn, so erhellt sogleich, dass der Lichtsinn oder die Fähigkeit quantitative Lichtdifferenzen zu empfinden die Grundbedingung jedes auch des einfachsten Sehorganes ist. Ein einziges Nervenende, mit andern Worten ein einziges Stäbchen würde für diesen Zweck genügen. Sind viele Stäbchen zu einem lichtpercipirenden Organ vereinigt, so schliesst sich dem Lichtsinn nothwendig der Raumsinn an, welcher eine Folge der gleichzeitigen

1) Physiologie der Netzhaut, erste Hälfte, 1864, Einleitung.

Erregung mehrerer distinct empfindender Punkte ist. Ihrer bekannten Organisation gemäss wird den Augen aller Wirbelthiere der Licht- und der Raumsinn zugesprochen werden müssen. Die zapfenlose, nur stäbchenführende Retina der Fledermäuse, des Igels, des Maulwurfs wird nach Licht- und Raumsinn von der stäbchenlosen nur zapfenführenden Retina der Schlangen und Eidechsen im Princip nicht abweichen, denn Zapfen wie Stäbchen sind Nervenenden, welche Licht percipiren müssen, durch deren Vielheit und mosaikartige Anordnung aber das anatomische Substrat auch für den Raumsinn gegeben ist. Es lässt sich erwarten, dass der Lichtsinn bei den in der Nacht fliegenden Fledermäusen stärker entwickelt sei, als bei den im Sonnenschein spielenden Schlangen, so dass erstere noch viel Licht empfinden, wo letzteren dunkle Nacht zu herrschen scheint. Dies würde darauf hindeuten, dass die Stäbchen für quantitative Lichtperception einen Vorzug vor den Zapfen besitzen.

Es bleibt der Farbensinn, die Fähigkeit der Perception qualitativer Lichtdifferenzen übrig. Wenn wir von unserer eigenen Empfindlichkeit für Farbendifferenzen ausgehen, wie wir es natürlich müssen, da wir für die Beurtheilung von Sinneseindrücken keinen anderen sicheren Maassstab als den unserer eigenen Sinnesorgane kennen, so ergeben die einfachsten Versuche, dass mit der Abnahme der Beleuchtung, also mit dem Eintritt der Dämmerung und der Nacht die Fähigkeit für die Farbenperception verhältnissmässig früh aufhört. Wir können des Abends Gegenstände noch sehr wohl scharf unterscheiden, sind aber über deren Farbe oder über Farbendifferenzen vollkommen im Unklaren. Wie Aubert[1]) bemerkt, ändert sich bei abnehmender Beleuchtungsintensität zunächst Farbenton und Farbennüance der Pigmente, Zinober wird Dunkelbraun, Orange dunkel und rein Roth, Grün und Hellblau sehen ganz gleich aus etc. Dann schwindet die Empfindung der Farbe gänzlich, und es bleibt nur das Gefühl von Lichtdifferenzen übrig, der Art, dass bei gewisser Lichtintensität (auf schwarzem wie auf weissem Grunde) Rosa und Gelb am hellsten, etwas dunkler Grün und Hellblau, fast schwarz Blau, ganz schwarz oder am dunkelsten Orange, Dunkelgrün und Roth erscheinen. Für ein Thier, welches nur des Nachts auf Raub ausgeht oder in unterirdischen Höhlen lebt, gibt es also keine Farben.

1) Physiologie der Netzhaut p. 126 ff.

es bleibt nur die Möglichkeit übrig, die auch bei geringer Lichtintensität fortbestehenden Helligkeitsdifferenzen der Farben zu unterscheiden. Ist der Farbensinn an ein bestimmtes anatomisches Substrat, an besondere Nervenendapparate der Retina gebunden, zu welcher Annahme wir nach der Young-Helmholtz'schen Theorie hinreichende Berechtigung haben, so lässt sich erwarten, dass diese Apparate den ausschliesslich im Dunkeln lebenden Thieren fehlen. So kommen wir folgerichtig auf die Vermuthung, die Zapfen möchten die Nervenendorgane des Farbensinnes sein. Es wird sich nun darum handeln, diese Vermuthung nach anderen Richtungen hin auf ihre Glaubwürdigkeit zu prüfen.

Ich mache noch einmal darauf aufmerksam, dass die Zapfen nicht als Organe angesprochen werden sollen ausschliesslich für die Perception der Farben bestimmt. Der Farbensinn begreift den Lichtsinn in sich, und insofern die Perceptionsapparate des Farbensinnes vielfach nebeneinander mosaikartig angeordnet liegen, dienen sie zugleich dem Raumsinne. Die Frage kann also nur die sein: Ist es wahrscheinlich, dass den Zapfen neben der Bedeutung, welche ihnen im Dienste des Licht- und Raumsinnes zukommt, auch noch die Vermittelung der Farbenperception obliege, und haben wir Grund, den Stäbchen die Theilnahme an der Farbenempfindung abzusprechen.

Die erste Stelle bei der Prüfung dieser Angelegenheit werden selbstverständlich die anatomischen und physiologischen Verhältnisse der menschlichen Netzhaut einnehmen. Die Fähigkeit Farben zu percipiren kommt unserer Retina in ihrer ganzen Ausdehnung zu. Aber die Feinheit der Farbenempfindung nimmt von der Stelle des directen Sehens in allen Meridianen der Netzhaut schnell ab. Dies lehren übereinstimmend die Versuche von Purkinje, Hueck, Helmholtz, Aubert und Schelske. Einen sehr wesentlichen Einfluss übt dabei, abgesehen von der Art der Farbe, die Grösse des farbigen Objectes aus, ferner ob dasselbe in Bewegung ist oder sich in Ruhe befindet, wie uns Aubert in sehr genauen Versuchsreihen bewiesen hat [1]). Seine Tabellen und die sehr instructive graphische Darstellung einer seiner Versuchsreihen (blau auf weissem Grunde) [1]) beweisen zugleich, dass die Empfindlichkeit für Farben nicht in allen Meridianen der Netzhaut ganz gleichmässig abnimmt, sondern an der inneren (medialen)

1) l. c. p 116 ff.

Seite sich am längsten erhält. Nach Aubert werden farbige Quadrate von 1 Mm. □ bei 20 Ctm. Entfernung, also 17′ 12″ Gesichtswinkel, wenn sie in Bewegung sind, vollkommen farblos bei einer Abweichung von der Gesichtslinie von 13—21°, wenn wir die Mittelzahlen seiner Versuchsreihen für Gelb, Roth, Grün und Blau auf weissem Grunde wählen oder bei $17\frac{1}{2}$°, wenn wir von den 4 Mittelzahlen wieder das Mittel ziehen. Eine solche Abweichung von der Gesichtslinie bei 20 Ctm. Entfernung entspricht etwa 4 Mm. Abstand von der Mitte des gelben Fleckes, d. h. einer Stelle wo nach den vorliegenden Angaben über die Ausdehnung des gelben Fleckes bereits jeder Zapfen von zahlreichen Stäbchen umgeben ist. Unzweifelhaft stimmen danach im Allgemeinen die Structurverhältnisse der menschlichen Retina mit der Voraussetzung überein, dass die Zapfen die Elemente für die Farbenperception, die Stäbchen dagegen ungeeignet zur Farbenempfindung seien. Einer specielleren Durchführung der Frage, in wie weit die Resultate jedes einzelnen der Aubert'schen Experimente mit der Vertheilung der Stäbchen und Zapfen der menschlichen Retina in Zusammenhang zu bringen sind, müssen genauere Bestimmungen der successiven Veränderungen im Durchmesser der Zapfen und Zapfenzwischenräume in der Umgebung des gelben Fleckes nach den verschiedenen Meridianen vorausgehen, welche wir noch nicht besitzen.

2) Eine wesentliche Unterstützung gewährt unserer Ansicht von der Bedeutung der Zapfen als Farben percipirender Organe die Beschaffenheit der die äussere Körnerschicht durchsetzenden Zapfenfasern. Dieselben sind beim Menschen, bei den Säugethieren und den Fischen um ein Vielfaches dicker als die Stäbchenfasern, und lösen sich an der Zwischenkörnerschicht in viele feine Fasern auf. Diese können nach dem feinstreifigen Ansehn, was die dicksten Zapfenfasern des Menschen darbieten (vergl. Taf. X, Fig. 8), als präformirt angesehen werden, ja der Zapfenkörper selbst scheint aus Fasern zusammengesetzt. Nach der bekannten Young-Helmholtz'schen Theorie der Farbenempfindung sind mindestens drei verschiedene Faserarten für diese letztere nöthig. Jedenfalls ist die Farbenperception ein complicirterer Vorgang als die einfache Lichtperception, sie setzt eine Vielheit verschiedener Nervenfasern voraus, welche zu letzterer nicht unumgänglich sind. Sind aber die Zapfen die Elemente

1) l. c. p. 121.

zum Farbensehen, so wird entweder für jede Farbe eine bestimmte Art von Zapfen vorhanden sein müssen, oder jeder Zapfen ist fähig, alle Farben zu empfinden. Im ersteren Falle wird eine einzige Faser genügen, die durch ihn vermittelte Thätigkeit weiter zu leiten, im letzteren wird jeder Zapfen mit einem Bündel von Fasern zusammenhängen müssen.

In der menschlichen Netzhaut sowie in der der Säugethiere und Fische kommen derartige Unterschiede der Zapfen nicht vor, dass wir für jede Grundfarbe eine besondere Art derselben annehmen könnten. Alle Zapfen sehen sich wesentlich gleich, und alle gehen in ein Bündel von Nervenfasern aus, welche sich an der oberen Grenze der Zwischenkörnerschicht theilen. Hiernach erscheint es wahrscheinlich, dass jeder Zapfen sehr verschiedene Farbenempfindungen zu vermitteln vermag.

3) Eine weitere Bestätigung dieser Hypothese von der Bedeutung der Zapfen sehe ich im Bau der Vogelretina. Die Zapfen derselben enthalten zum grossen Theile an einer bestimmten Stelle eine durchsichtige farbige Kugel eingebettet. Hensen ist, soviel ich sehe der erste, welcher andeutet [1], dass der Sinn derselben darin gefunden werden könne, dass sie gewisse Strahlen absorbiren, welche nicht zur Perception gelangen sollen. In der That kann die Existenz der gedachten farbigen Kugeln in den Zapfen keinen anderen Grund haben, als den, dass die Strahlen, welche percipirt werden sollen, durch die farbige Masse hindurch gehen müssen. Trifft auf diese Weise den Zapfen an seiner percipirenden Stelle immer nur farbiges Licht, so wäre es eine Ungereimtheit daran zu zweifeln, dass derselbe der Farbenempfindung diene. Nicht alle Zapfen aber bekommen bei den Vögeln gleichfarbiges Licht. Die meisten enthalten gelbe Kugeln, welche viel violett und blau absorbiren [2]. Eine geringere Zahl ist mit tief rubinrothen Kugeln ausgerüstet, welche fast nur roth durchlassen. Hier scheint also die an der menschlichen Retina vermisste Einrichtung zu bestehen, dass für die Perception verschiedener Farben auch verschiedene Arten von Zapfen existiren. Hiermit stimmt in merkwürdiger Weise überein, dass die von den Zapfen der Vogelretina ausgehenden Fasern in ihrer Dicke von den dünnen

1) Virchow's Archiv etc. Bd. XXXIV, p. 403

2) Vergl. meine kleine Schrift: Ueber den gelben Fleck der Retina etc. Bonn 1866.

Stäbchenfasern kaum verschieden sind. Nun gibt es in der Vogelretina noch eine dritte Art Zapfen, das sind die farblosen. Diese könnten sich in derselben Lage befinden wie die menschlichen, und zur Perception aller Farben organisirt sein. Dann müssten sie mit dicken Nervenfasern in Verbindung stehen. Es ist mir nicht gelungen, eine solche Verschiedenheit zu erkennen. Sonach wäre es auch denkbar, dass sie allein oder wesentlich der Empfindung des Violett dienten, welches in den gelben und rothen Pigmentkugeln absorbirt wird, von denen erstere die Grün, letztere die Roth empfindenden Elemente sein würden.

Eine weitere Bedeutung erhalten diese Betrachtungen durch das Verhalten der Eulenretina. Während bei allen andern (Tag-) Vögeln die Zahl der Zapfen in der ganzen Retina bedeutend die der Stäbchen überwiegt, wonach also der Farbensinn bei den Vögeln entsprechend der Farbenpracht ihres Gefieders, ausserordentlich fein entwickelt zu sein scheint, fehlen bei den Eulen die Zapfen fast vollständig, wogegen die Entwicklung der Stäbchen einen sehr hohen Grad erreicht. In der Dämmerung gibt es keine Farben. Was soll also die Eule mit den farbenpercipirenden Elementen? Zur Unterscheidung dessen, was im Halbdunkel von den Farben übrig bleibt, nämlich ihrer verschiedenen Helligkeitsgrade, genügen die dem Lichtsinn dienenden Stäbchen. Die Reste von Zapfen aber, welche der Eule bleiben, sind noch mit gelblichen Pigmentkugeln versehen. Sie absorbiren Violett und Blau schwach, der geringen Intensität ihrer Farbe gemäss, doch aber wahrscheinlich genug, um die letzten Spuren der im Dämmerlicht vorhandenen derartigen Strahlen von den gegen intensiver photochemisch wirkendes Licht äusserst empfindlichen Zapfen abzuhalten.

Dass auch dem gelben Pigment der macula lutea der menschlichen Netzhaut wahrscheinlich eine ähnliche Bedeutung zukomme mit Rücksicht auf die vornehmlich stark photochemisch wirkenden violetten Strahlen habe ich in meiner oben citirten Abhandlung über den gelben Fleck angedeutet.

Ist nach dem Vorstehenden meine Voraussetzung, dass die Stäbchen den Licht- und Raumsinn, die Zapfen daneben auch noch den Farbensinn vermitteln, im Allgemeinen als wohlbegründet zu erachten, so darf doch nicht verkannt werden, dass wir noch weit entfernt sind, alle Räthsel der Verschiedenheit beider Elemente gelöst zu haben. Namentlich bezüglich des Raumsinnes walten einige schwer verständ-

liche Verhältnisse ob, welche darin gipfeln, dass unzweifelhaft die Stäbchen bezüglich des Raumsinnes hinter den Zapfen zurückstehen. Die Feinheit des Raumsinnes hängt wesentlich von der Grösse und Zahl der in einem gegebenen Abschnitt der percipirenden Fläche nebeneinander gelegenen percipirenden Punkte ab. Ist dies der Fall, so muss bezüglich der Beziehung zum Raumsinne zwischen Stäbchen und Zapfen ausser ihrer ungleichen Grösse noch ein Unterschied existiren. Sonst bleibt es unerklärlich, warum an der Peripherie des gelben Fleckes mit dem Auftreten der Stäbchen zwischen den Zapfen mit dem Farbensinn auch der Raumsinn sich wesentlich verschlechtert. Denn die Querschnitte der Stäbchen, welche sich zwischen die Zapfen drängen, sind nicht grösser, vielmehr kleiner als die der Zapfen. Man sollte also umgekehrt eine Verfeinerung des Raumsinnes erwarten. Dass die mangelhafte Centrirung der brechenden Medien beim indirecten Sehen einen Einfluss übe entsprechend dem, wie viel wir an der Peripherie des gelben Fleckes schlechter sehen, kann ich nach den Erfahrungen an anderen optischen Systemen nicht glauben. Es bleibt also kaum eine andere Annahme übrig als die, dass die Zapfen als Vermittler des Raumsinnes Etwas vor den Stäbchen voraus haben. Worin soll dies aber liegen? Vielleicht in der faserigen Beschaffenheit des Zapfenkörpers und der Dicke der Zapfenfaser, so dass der Zapfen nicht bloss mit Rücksicht auf den Farbensinn sondern auch mit Beziehung auf den Raumsinn als ein zusammengesetzter Körper gegenüber dem einfachen Stäbchen zu gelten habe? Ich muss gestehen, dass ich für diese Ansicht wenig Berechtigung sehe. Denn das Zapfen*stäbchen* oder das Aussenglied scheint doch ein durchaus homogenes, einfaches Element zu sein, ebenso wie es die Aussenglieder der Stäbchen sind. Und fände sich hier wirklich allgemeiner eine Längsstreifung, wie sie von mir an den ganz frischen Stäbchen von Rana temporaria wahrgenommen wurde, und liesse sich nachweisen, dass dieselbe auf einer faserigen Structur beruhe, so fehlte doch immer noch die Vorrichtung zum Isoliren der in die Einzelfasern eingetretenen Strahlenbündel. Denn wie die Aussenglieder durch Pigment und eine schwächer brechende Substanz, als ihre eigene ist, von einander gesondert sind, durch welche Einrichtung der Uebertritt der Lichtstrahlen aus einem Element in das andere verhindert wird, so müssten die hypothetischen Einzelbestandtheile eines Aussengliedes auch wieder wenigstens nach dem Brechungsverhältniss differiren, wovon aber Nichts zu sehen ist. Es ist sehr

wohl möglich, dass Licht, welches im Zapfenstäbchen gebrochen und reflectirt auf die Stelle der Vereinigung von Innen- und Aussenglied zurückgelangt, hier je nach seiner Farbe die verschiedenen Fasern des Innengliedes qualitativ verschieden afficirt. Aber dass das aus einem Zapfenstäbchen zurückkehrende Licht den Eindruck vielfach gesonderter räumlicher Empfindung machen könne, wenn auch noch so viele Einzelfasern des Innengliedes ihre Enden diesem Lichte entgegen richten, scheint mir nicht wohl annehmbar.

Möglich dass die Verschiedenheit in dem Werthe der Stäbchen und Zapfen als Elemente des Raumsinnes eine einfache Folge ihrer Verschiedenheit gegenüber dem Farbensinn ist. Sollte nicht der Umstand, dass die Zapfen neben den verschiedenen Helligkeitsgraden auch die Farben der Gegenstände zur Perception bringen, allein ausreichen, ihren höheren Werth auch im Dienste des Raumsinnes zu erklären? In Ermangelung anderer Anhaltspunkte gebe ich diese Frage zu weiterer Erwägung.

Von gänzlich unbekanntem Einflusse ist weiter die verschiedene Gestalt und Länge der Aussenglieder von Stäbchen und Zapfen innerhalb einer und derselben Retina, und die sehr bedeutende Variation in der Länge der Aussenglieder namentlich der Stäbchen bei verschiedenen Thieren. Ueber diese Verhältnisse kann eine gedeihliche Discussion natürlich erst eingeleitet werden, wenn man sichere Anhaltspunkte gewonnen hat zur Beurtheilung der Function der Aussenglieder überhaupt. Entweder die Aussenglieder stehen in Continuität mit den sicher nervösen Innengliedern und gehören zu den percipirenden Theilen, sie sind dann als die äussersten Nervenendgebilde die recht eigentlich specifischen Lichtempfindungsapparate. Oder aber die Aussenglieder stellen, was wir nach dem Obigen für das Wahrscheinlichere halten müssen, als von den Innengliedern scharf abgesetzte, chemisch und physikalisch von deren Substanz total verschiedene Gebilde rein optisch wirkende Reflexionsapparate dar, welche dazu bestimmt sind, das durch die Innenglieder an und in sie einfallende Licht auf dieselben Innenglieder zurückzuwerfen. Bekanntlich hat E. Brücke lange vor der Entdeckung der Radialfasern der Retina, zu einer Zeit, wo man die Stellen für die Lichtempfindung noch in die Optikusschicht verlegte und den Unterschied von Innen- und Aussenglied der Stäbchen nicht kannte, die Ansicht ausgesprochen, die Stäbchen hätten vermöge ihrer eigenthümlichen Brechungsverhältnisse den Zweck, das aus den durchsichtigen inne-

ren Retinalschichten in sie eintretende Licht, soweit es nicht von den Pigmentscheiden absorbirt werde, genau auf dieselben Elementarfasern der Nervenschicht zurückzuwerfen, durch welche es seinen Weg zu den Stäbchen hin genommen hatte [1]). Die Angaben Brücke's sind in den Hintergrund getreten, seit H. Müller seine Ansicht entwickelt hat, dass die Stäbchenschicht die Schicht der Nervenendapparate sei, und dass jedes Stäbchen und jeder Zapfen einen percipirenden Elementartheil darstelle. Aber was Brücke damals von den physikalischen Verhältnissen der Stäbchen gesagt hat, bleibt richtig und muss auch bei den Fortschritten unserer Kenntniss über die Lage der Nervenenden in der Retina Berücksichtigung finden. Zu einer solchen ergibt sich meines Erachtens eine neue Gelegenheit, seit man erkannt hat, dass an den Stäbchen ganz allgemein die schwächer lichtbrechenden Innenglieder durch eine scharfe Grenze von den stärker brechenden Aussengliedern geschieden sind [2]). Dass erstere Nervenenden darstellen, hat die Anatomie bewiesen, für letztere bleiben die Brücke'schen Angaben in Kraft. Hiernach hätte man sich vorzustellen, wie bereits oben ausgeführt wurde, dass die percipirende Stelle des Stäbchens die Grenzfläche des Innengliedes gegen das Aussenglied sei. Die in das Aussenglied eintretenden Lichtstrahlen würden nach Abzug der am dunkeln Pigment absorbirten Lichtmenge durch Reflexion wieder zu dieser Grenzschicht zurückkehren, wo dann bei der Einfallsrichtung von hinten nach vorn die Strahlen die hintere Fläche des Innengliedes zu reizen und die Perception einzuleiten hätten. Ein Theil

1) Brücke in Müller's Archiv 1844 pag. 447 sagt: „Offenbar muss das (Licht), was nicht absorbirt wird, auf irgend einem Wege zur Ausbreitung der Sehnerven zurückgelangen, und falls es nicht genau dieselben Elemente trifft, welche es schon einmal durchströmt hat, das deutliche Sehen wesentlich stören. Das Licht muss alo hinter der tunica nervea entweder vollständig absorbirt werden, oder es muss durch einen hinter derselben liegenden optischen Apparat je zu denselben Sehnervenelementen zurückgeführt werden, welche es schon einmal durchströmt hat. Beide Principe finden wir in den Augen der Wirbelthiere angewendet, und beiden dient die Schicth der stabförmigen Körper" (inclusive Pigment).

2) Vergl. meine observationes de retinae structura penitiori Fig. 4d; und namentlich W. Krause in den Gött. Nachrichten 1861, No. 2. Januar 16. Vergl. ferner die Figuren Taf. X vom Menschen, Taf. IX und XI von Thieren am Schlusse dieser Abhandlung.

der Lichtstrahlen muss aber bei der Verschiedenheit der Brechungscoefficienten von Innen- und Aussenglied schon bei dem Versuch, in das Aussenglied zu gelangen, an der vorderen Grenzfläche des letzteren reflectirt werden, und trifft zurückkehrend sogleich die percipirende Fläche des Innengliedes. So wäre es möglich, dass nur solches Licht zur Perception käme, welches rückläufig die Nervenenden trifft, wodurch eine unvermuthete Uebereinstimmung mit den Augen der wirbellosen Thiere hergestellt wäre, deren percipirende Elemente bekanntlich dem einfallenden Lichte zugekehrt sind. Es leuchtet ein, dass nur bei solchem Hergange das Tapetum der Chorioides vieler Thiere eine Erklärung findet. Denn nur wenn gespiegeltes Licht zur Perception gelangen kann, hat der Spiegel, den das Tapetum darstellt, einen Sinn. Je mehr Licht aber durch Spiegelung auf die Innenglieder der Stäbchen zurückgeworfen wird, um so entwickelter muss der Lichtsinn sein. Diess stimmt insofern, als z. B. den Raubthieren, den Wiederkäuern und dem Pferd, welche ein Tapetum besitzen, die Fähigkeit, sich auch in tiefster Dämmerung oder in der Nacht zurechtzufinden, bekanntermaassen sehr ausgesprochen zukommt. Wenn der Eule dagegen ein Tapetum fehlt, so könnte hier möglicherweise die ganz ungewöhnliche Länge der Stäbchen compensirend wirken. Auch ist es sehr bemerkenswerth, das die Eulen, wie ich gefunden habe, der sonst bei Vögeln sehr ausgebildeten Pigmentscheiden auf grössere Tiefe zwischen den Stäbchen entbehren, so dass es nicht gelingt, beim Abheben der Retina von der Chorioides das Pigment auf den Stäbchen zu erhalten. Offenbar wird hier also weniger Licht absorbirt, damit um so mehr reflectirt werde.

Ich bin mit dieser unsere bisherigen Anschauungen über das Zustandekommen der Gesichtswahrnehmungen wesentlich modificirenden Theorie auf einem Punkte angelangt, wo eine neue Reihe von Beobachtungen ihren Anfang nehmen muss. Es wird sich jetzt darum handeln, die Innen- und Aussenglieder der Stäbchen und Zapfen von dem neuen Gesichtspunkte aus den genauesten Untersuchungen zu unterwerfen. Davon, dass beide sehr verschiedene Gebilde sind und durch eine dünne besondere Schicht einer schwachlichtbrechenden Substanz von einander geschieden sind, wird sich Jeder, zumal am Frosch, wo die Stäbchen sehr gross sind, bei Untersuchung der frisch in dem beim Oeffnen des Auges ausfliessenden Serum zerzupften Retina überzeugen. Ebenso verhält es sich

mit den Zapfenstäbchen. Aber wie wichtig ist es jetzt, um den Gang der Lichtstrahlen in dem als Hohlspiegel wirkenden reflectirenden Aussengliede verfolgen zu können, die verschiedenen Gestalten der letzteren zu berücksichtigen, und um die Richtung der einfallenden Strahlen genauer angeben zu können, die Innenglieder auf das Genaueste darauf zu durchmustern, welche Einrichtungen sie besitzen, um Licht zu concentriren, wie solche z. B. bei Reptilien und Amphibien vorzukommen scheinen. Wir müssen somit genauer als es bisher irgendwo geschehen ist, auf den Bau der Stäbchen und Zapfen selbst eingehen. Diese Untersuchung denke ich zum Inhalte einer späteren Mittheilung zu machen.

V. Schema des Bindegewebsgerüstes und der nervösen Elemente der Retina.

Die schematische Zeichnung der nervösen Elementartheile der Retina, welche ich auf Taf. XV, Fig. 2 gegeben habe, bedarf nach dem Vorangegangenen kaum mehr einer Erläuterung. Bezüglich der Stäbchen- und Zapfenschicht sowie der die äussere Körnerschicht zusammensetzenden Stäbchen- und Zapfenkörner und deren Fasern hält sich die Zeichnung streng an das Beobachtete. In der Zwischenkörnerschicht findet eine so innige Verflechtung von bindegewebigen und feinsten nervösen Fasern statt, dass eine isolirte Darstellung letzterer nur einzeln und auf kurze Strecken ausführbar ist. Genaueres über den Verlauf der einzelnen Fasern dürfte hier kaum je auszumitteln sein. Dass die innere Körnerschicht wesentlich Nervenzellen enthält, kann nicht mehr bezweifelt werden, seit ich Fäserchen von derselben Feinheit, Vergänglichkeit und varikösen Beschaffenheit wie die Stäbchenfasern mit ihnen in Verbindung sah. Ob aber die nervösen inneren Körner immer nur zwei Ausläufer besitzen, wie ich bei Falco buteo auf das Deutlichste gesehen habe, oder auch multipolaren Ganglienzellen gleichen können (nach Ritter beim Wallfisch mit drei Fortsätzen), lasse ich dahin gestellt. Die in Rede stehenden Zellen sind bei Säugethieren entschieden grösser und an Zellsubstanz um den Kern reicher als bei den Vögeln, was in Zusammenhang mit einer bei ersteren grösseren Zahl von Fortsätzen stehen könnte. Beim Falken sah ich die nervösen Fasern

dieser Schicht in ähnlicher Weise **schief** zwischen den rein radialen Stützfasern angeordnet, wie dies am gelben Fleck des Menschen und Affen und nach H. Müller beim Chamäleon in der äusseren Körnerschicht vorkommt. Dickere Nervenfasern, wie sie in der äusseren Körnerschicht als Zapfenfasern vorkommen, sind mir in der inneren nie aufgestossen. Die centralen Fortsetzungen der nervösen Fasern der inneren Körnerschicht bilden in der sogenannten molekulären Schicht der Retina (g, g) ein dichtes Fasergewirr. Ich habe dasselbe mittelst der schwachen Chromsäurelösungen hier zuerst nachgewiesen, und in seiner innigen Verbindung mit dem spongiösen Bindesubstanz-Netz, welches dieser Schicht ihr charakteristisch körniges Ansehn gibt, beschrieben [1]). Nach meinen neueren Erfahrungen muss ich immer noch die gedachten dünnen Chromsäurelösungen für das beste Mittel zur Darstellung der feinen Nervenfasern der molekulären Schicht halten, wie sich auch Deiters zur Isolirung der feinsten Ganglienzellen-Ausläufer im Gehirn und Rückenmark keiner besseren Methode zu bedienen wusste. Jodserum leistet, wenn man es mit der Maceration glücklich trifft, auch Vorzügliches. Was für verschiedene Form und Grösse auch die Elemente der folgenden Schicht, die Ganglienzellen (h, h), haben mögen, darin scheinen sie alle unter einander übereinzustimmen, dass sie viele fein getheilte Fortsätze in die molekuläre Schicht senden, während sie andrerseits mit den Fasern der Optikusschicht (i, i) in Verbindung stehen. Dies Verhältniss hebt unter allen bisherigen Forschern am schärfsten Ritter nach seinen Untersuchungen am Wallfischauge hervor. [2]). Genauere, speciell auf diese Schicht gerichtete Studien, die ich nicht angestellt habe, werden gewiss mehr ins Einzelne gehende Resultate liefern. Die Zellen gleichen bezüglich ihrer verschiedenen Bestandtheile den Nervenzellen des Gehirns und Rückenmarkes, entbehren also einer besonderen Zellmembran. Sie liegen nackt im spongiösen Bindegewebe, wie die Zellen der Ganglien (des Sympathicus) nackt in ihrer ebenfalls bindegewebigen, kernhaltigen Hülle gelagert sind. Was Ritter von einer sie umhüllenden glashellen Membran sagt, welche sich auch auf die Fortsätze erstrecken soll, wäre gegenüber den vielen gegentheiligen Behauptungen besser zu begründen gewesen.

1) Observationes de retinae structura etc. p. 23.

2) l. c. p. 41.

Dunkelrandige Nervenfasern kommen in der Optikusschicht beim Menschen nicht vor. Ebenso verhalten sich die meisten Säugethiere. Die Ausnahme, welche Kaninchen und Haase machen, indem hier blendend weisse markhaltige Fasern in zwei Büscheln von der Sehnervenpapille in die Retina ausstrahlen, ist bekannt. Das Aufhören der Markscheide ist ein sehr allmähliges, daher ist nicht zu entscheiden, wo die Faser den Charakter eines nackten Axencylinders annimmt. Die Blässe der Contouren, welche die Optikusfasern der Retina im frischen Zustande zeigen, und die Abwesenheit jeder Art von Gerinnungsfiguren, welche selbst geringe Mengen von Nervenmark bei Behandlung mit conservirenden Flüssigkeiten annehmen, machen es mir unzweifelhaft, dass die Bezeichnung der Nervenfasern der Optikusschicht als »nackte Axencylinder« von der Wahrheit nicht weit abweicht. Ebensolche Fasern kommen in der grauen Substanz des Hirnes vor. Sehr bemerkenswerth ist die verschiedene Dicke der Fasern der Optikusschicht. Es finden sich neben Fasern von 1—2 Mik. Dicke unmessbar feine, welche den Stäbchenfasern der äusseren Körnerschicht Nichts nachgeben. Die feinen Varikositäten, welche diese Fasern bei Behandlung mit sehr dünnen Chromsäurelösungen oder Jodserum annehmen, müssen den Ausgangspunkt bilden für Jeden, der sich von dem diagnostischen Werth dieser eigenthümlichen Bildung eine klare Vorstellung machen will.

Auch das Schema der bindegewebigen Grundlage der Retina (Taf. XV, Fig. 1) findet wesentlich im Obigen bereits seine Erklärung. Zudem kann ich bezüglich dieses Theiles der Retinalgewebe in allen Stücken auf die Darstellung in meiner früheren Retinaabhandlung verweisen. Ich beschränke mich daher hier auf die Auseinandersetzung über einige streitig gewordene Punkte.

Die Grenzschichten des Bindegewebes der Retina sind die membranae limitantes. Ueber diese herrscht bei den neueren Autoren keine vollständige Uebereinstimmung. Was zunächst die von Pacini mit den Namen der limitans belegte m. limitans interna betrifft, so muss ich nach erneuter Untersuchung derselben meine frühere, von Schelske und Anderen adoptirte und erweiterte Ansicht, dass diese Haut wesentlich durch die verbreiterten Enden der radialen Stützfasern und ein sie verbindendes Netzwerk entstehe, aufrecht erhalten. Wenn Kölliker den innigen Zusammenhang von Radialfasern und limitans interna bezweifelt [1], und letztere überall

[1]) Gewebelehre 4. Aufl. 1863, p. 666.

als eine selbstständige Bildung ansprechen möchte, so weiss ich dies nicht anders zu erklären, als dass die m. hyaloidea zur Retina gerechnet worden ist. Die häufig sehr innige Verklebung und Verwachsung der Oberfläche des Glaskörpers mit der membrana limitans hat Henle veranlasst, diese Membran limitans hyaloidea zu nennen [1], wodurch die betreffende Haut vortrefflich bezeichnet wäre, wenn wir nicht Gründe hätten, die limitans und die hyaloidea auseinanderzuhalten. Letztere, wenn sie als hautartige, ablösbare Grenzschicht des Glaskörpers existirt, was nicht bei allen Thieren und jedenfalls nicht in allen Lebensaltern der Fall ist, gehört, sie mag sich leicht oder schwer von der Retina lösen lassen, ihrer Entwickelung nach zum Glaskörper, die limitans ist aber ein integrirender Bestandtheil der Retina. Die häufig eintretende Verklebung Beider kann uns nie und nimmer berechtigen, sie in eins zu ziehen und einer der beiden Häute ausschliesslich zuzurechnen, deren jeder nur eine Hälfte gehört. Die limitans interna markirt sich an Querschnitten der Retina, so viel ich sehe, immer nur als eine einfache Linie. Dieselbe entsteht durch die scharf abgeschnittenen, kegelförmigen Enden der Stützfasern. Es kommt vor, dass die Kegelbasen benachbarter Fasern nicht mit einander verschmelzen. Dann besteht keine zusammenhängende limitans. Es erhellt, dass die limitans interna nicht mehr Berechtigung als Membran zu gelten hat als die limitans externa, mit welchem Namen ich die Grenzschicht des Retinalbindegewebes nach aussen von der äusseren Körnerschicht benannt habe, im Querschnitt repräsentirt durch die von H. Müller sogenannte »Stäbchenkörnerlinie.« Von der limitans interna zwar dadurch wesentlich unterschieden, dass sie von allen Stäbchen und Zapfen durchbrochen wird, da wo deren Innenglieder an die äussere Körnerschicht angrenzen, während die lim. interna, auch wenn sie Löcher besitzt, nirgends von Elementen der Retina durchbohrt wird: gleicht sie dieser durchaus in ihrer Beziehung zu dem Stützfasergewebe der Retina. Sie ist die zu einer festeren, membranartigen, nach aussen glatt begrenzten Grenzschicht sich verdichtende Bindesubstanz der Retina. Auf den Namen kommt wenig an, so kann ich es verstehen, wenn H. Müller meinte [2], »das was man sonst eine Haut nennt«, sei »hier in den

1) Handbuch der Anatomie Bd. II. p. 641.

2) Ueber das Auge des Chamäleon, p. 30.

meisten Fällen sicherlich nicht da«. weshalb er den Ausdruck m. limitans externa lieber nicht eingeführt sähe. Die limitans interna kann wirklich öfter auf grössere oder kleinere Strecken abgelöst werden, was bis jetzt von der lim. externa Niemand beobachtet zu haben scheint. Aber beim Abheben ersterer sehe ich immer die Reste der abgerissenen Radialfasern an ihrer inneren Fläche hängen, es ist also bei dieser Ablösung keine Membran von einer von ihr verschiedenen Unterlage scharf abgehoben, sondern die festere Cohärenz der membranartig verschmolzenen Radialfaserenden hat die Trennung der weichen Radialfasern in ihrer Substanz selbst ermöglicht, so dass sie beim Zerzupfen der Retina durchrissen, während die feste gemeinschaftliche Endausbreitung aller im Zusammenhang blieb. Man begreift, dass auch die limitans interna keine Membran der Retina im strengen Wortsinne ist. Behält man aber für sie den einmal gebräuchlichen Namen bei, so dürfte sich gegen die Einführung des andern, der limitans externa, schwerlich etwas einwenden lassen, der denn auch eine Zahl neuerer Forscher wie Manz, Ritter, Kölliker und Henle zugestimmt haben. Ich verglich die limitans externa in meiner ersten Mittheilung (l. c. p. 16) einem Eierbrett, an welchem die äusserste Lage der äusseren Körner die Eier darstellen sollte. Dies bedarf einer Berichtigung, indem, wie ich jetzt finde und wie auf allen dieser Abhandlung beigegebenen betreffenden Figuren auch abgebildet ist, Stäbchen- oder Zapfenkörner niemals in den Löchern der Membran stecken, sondern immer unter derselben liegen. Die Löcher der limitans externa werden also ausgefüllt von den inneren, zu den äusseren Körnern strebenden Enden der Stäbchen und Zapfen, welche, namentlich bei den Stäbchen, oft fein faserartig ausgezogen sind. Einen überzeugenden Beweis für die Nothwendigkeit der Unterscheidung einer besonderen Grenzschicht an der äusseren Seite des Retinalbindegewebes liefert die Untersuchung embryonaler Netzhäute. Wie oben erwähnt worden ist, findet sich vor der Entwickelung der Stäbchen und Zapfen eine ausserordentlich scharfe Begrenzung der Retina gegen das Pigment, auf Durchschnitten solcher Netzhäute eine Grenzlinie, welche der späteren limitans externa an Schärfe nicht das Mindeste nachgibt. Dieselbe ist viel deutlicher als die limitans interna sich in den ersten Stadien der Entwickelung abgrenzt. Der Lage nach entspricht sie der inneren Grenzschicht der Hirnventrikel. Sie bildet die innere Auskleidung der primitiven

Augenblase. und da diese der Höhle der Hirnventrikel äquivalent ist, so haben beide gleiche morphologische Bedeutung. Es ist nicht uninteressant, dass Durchschnitte durch embryonale Gehirne, wie ich sie z. B. beim Hühnchen vom 9. Tage der Bebrütung, Kaninchen von 9‴ und Schaafembryonen von 7 Ctm. Länge gezeichnet habe, eine scharfe, aus dreieckig angeschwollenen, verschmolzenen Zellenfortsätzen bestehende Grenzschicht an der inneren Oberfläche der Ventrikel zeigen, welche in jeder Beziehung der limitans externa der Retina gleicht, während nach der Pia mater zu an der äusseren Fläche noch keine so scharfe Grenzlinie hervortritt und überhaupt nie zur Entwickelung kommt, wenn auch die Andeutungen der radialen Stützfasern und ihre kegelförmigen Anschwellungen nicht fehlen, die nach F. E. Schulze[1]) auch beim Erwachsenen z. B. auf der Oberfläche des kleinen Hirns deutlich wahrzunehmen sind. Hier legt sich die Pia mater als eine accessorische Bindegewebshaut an, ganz entsprechend dem Glaskörper und seiner m. hyaloidea an der limitans interna. Wie dann das Epithel des Ependyma oder besser das Endothel nach His[2]) als eine viel spätere Bildung auftritt, so ist es mit den analogen, epithelartig auf der limitans externa hervorsprossenden Stäbchen und Zapfen, welche morphologisch dem Ventrikelepithel entsprechen.

Beide Grenzmembranen der Retina werden von den radialen Stützfasern und einem zwischen diesen ausgebildeten bald gröberen bald feineren Netzwerk von Bindesubstanz untereinander verbunden. Die Fasern werden häufig nach ihrem Entdecker die Müller'schen Fasern genannt. Ritter will dagegen allein den nervösen Radialfasern den Namen der Müller'schen vindiciren. Die radialen Stützfasern, wie wir diese Fasern nennen wollen, erheben sich wie Bäume mit ihren Wurzeln aus der m. limitans interna, und reichen zum Theil bis zur limitans externa, zum andern Theil hören sie in dem Geflecht der Zwischenkörnerschicht auf oder enden auch wohl schon noch früher. Sie stehen in meridionalen Reihen und bilden so gewissermaassen meridional verlaufende Scheidewände, Blätter, zwischen denen die nervösen Bestandtheile der Retina sich einlagern. Diese Blätter stehen aber so dicht aneinander, dass zwischen je zweien im Allgemeinen höchstens ein Zwischenraum von dem Durchmesser einer Ganglienzelle übrig bleibt. Zwischen den Enden dieser

1) Ueber den feineren Bau der Rinde des kleinen Gehirns, Rostock 1863.
2) Die Häute und Höhlen des Körpers. Basel 1865.

Fasern an der limitans interna verlaufen die Optikusfasern, welche also durch die Reihen der Stützfasern in Bündel abgetheilt werden. Diese sowohl als die Ganglienzellen sind von einem Netzwerk faseriger und blattartiger Ausläufer der radialen Stützfasern umsponnen. Eine ganz eminente Feinheit und Dichte erreicht dieses Netzwerk in der molekulären Schicht (Fig. 1, g, g). Der Charakter der Netzformation variirt etwas bei verschiedenen Thieren. Am deutlichsten habe ich die Einzelfasern in der Retina der Plagiostomen gesehen, von wo ich in meinen Observationes etc. Fig. 5 eine Abbildung gab. Die Treue derselben, sowie die Richtigkeit meiner damaligen Beschreibung hat sich mir bei allen späteren, auf dieses Netzwerk gerichteten Untersuchungen bestätigt, so dass ich abweichenden Ansichten gegenüber nur auf jene und auf meine Vertheidigung derselben in meinem Buche über den Bau der Nasenschleimhaut (Halle 1862, p. 29 Anmerkung) verweisen muss. Jodserum und Ueberosmiumsäure in passenden Concentrationsgraden geben ganz dieselben Bilder, wie die mittelst der dünnsten, weniger erhärtenden, als macerirenden Chromsäurelösungen erhaltenen Präparate. Auch von anderer Seite sind vielfache Bestätigungen meiner Ansicht über die Natur dieses Bindesubstanznetzwerkes eingegangen, so namentlich von Deiters bezüglich der Bindesubstanz der grauen Massen des Hirns- und Rückenmarkes, denen ich eine gleiche spongiöse bindegewebige Grundlage zuschrieb, wie der molekulären Substanz der Retina, von Kölliker, der sich im Wesentlichen meiner Darstellung angeschlossen hat, und von Ritter[1]), der nur darin irrt, wenn er meint, es hätten sich meine Untersuchungen über das in Rede stehende Gewebe nur auf den Frosch erstreckt, auch hätte ich die Natur desselben nur geahnt, ihm sei es dagegen vorbehalten geblieben, die rechte Klarheit über dasselbe zu verbreiten. Hätte sich Ritter die Mühe genommen, meine Arbeiten im Original nachzusehen, so würde er gefunden haben, dass meine Angaben wie Abbildungen sich ebenso gut auf Säugethiere und Fische beziehen, wie auf den Frosch. Und wer die Tafel meiner Observationes etc. vergleicht mit den Abbildungen zu Ritter's beiden citirten Abhandlungen, dürfte nicht in Zweifel sein, wer von uns beiden der Ahnende und wer der Wissende gewesen. In der innern Körnerschicht sind die Seitenästchen der Radialfasern viel grobmaschiger verflochten

1) Graefe's Archiv etc. 1865, Bd. XI, Abth. I, p. 179. Die Structur der Retina etc. p. 2 u. ff.

und umschliessen die ziemlich ansehnlichen nervösen Zellen dieser Schicht. Aehnlich aber zarter, und nur in geringer Menge vorhanden ist das Bindegewebsgerüst der äusseren Körnerschicht. Am deutlichsten entwickelt habe ich es bei Vögeln gesehen (Taf. IX. Fig. 3). wenn es gelang, die Blätter der Retina in radialer Richtung so abzuspalten, dass die Stützfasern von nervösen Elementen. Stäbchen- und Zapfenkörnern, nicht bedeckt lagen. Sehr feinmaschig geflochten ist dagegen wieder das Gerüst der Zwischenkörnerschicht (Taf. XV. Fig. 1. d d), welches im Wesentlichen ganz mit dem der molekulären übereinstimmt.

Es ist bekannt, dass in den radialen Stützfasern Kerne liegen. Ich habe nie mehr wie einen in einer Faser gesehen und diesen immer innerhalb des Bezirkes der inneren Körnerschicht, was ganz mit den Untersuchungen H. Müller's u. A. übereinstimmt. Die Kerne haften hier meist der Faser seitlich an, wie in einem Divertikel derselben eingebettet (Fig. XIV. Fig. 8 b, e′), oder ohne dass man die Art der Verbindung näher anzugeben wüsste (ebenda Fig. 8 c, e′. Taf. XV. Fig. 1, e′). Diese Kerne sind eiförmig, mit der langen Axe der Faserrichtung parallel, homogen und mit deutlichem Kernkörperchen versehen. Dass feinkörniges Protoplasma in erheblicher Menge sie umgebe, habe ich nie gesehen. Grösse, Gestalt und mangelndes Protoplasma unterscheiden diese Kerne meist sehr bestimmt von ihren nächsten Nachbarn, den eigentlichen innern Körnern, Zellen, welche zu dem nervösen Apparat gehören (Taf. XIV. Fig. 7 b von der Ratte, Fig. 8 c vom Kaninchen und Fig. 10 vom Hund). Bei den Vögeln, bei denen die Zahl der inneren Körner verhältnissmässig sehr gross und ihr Durchmesser ein geringer ist, habe ich Kerne an den radialen Stützfasern nur mit Mühe finden können. Taf. XI, Fig. 17 stellt eine solche Faser mit Kern vom Falken dar, während die Fig. 16 von demselben Thier in der inneren Körnerschicht gezeichneten zelligen Elemente alle zu den eigentlichen inneren Körnern gehören. Ausser diesen zelligen Elementen oder Kernen des bindegewebigen Stützapparates, welche ganz constant sind, kommen vereinzelt solche in der faserigen inneren Abtheilung der äusseren Körnerschicht am gelben Fleck, in der Zwischenkörnerschicht und in der molekulären Schicht vor. Bei Fischen giebt es, wie zuerst H. Müller beschrieb und ich in meiner älteren Retinaarbeit näher ausgeführt habe, eine innere Abtheilung der Zwischenkörnerschicht, ein stratum intergranulosum fenestratum, wie ich

es damals nannte, in welchem charakteristische Zellen und Kerne bindegewebiger Natur liegen. Bald sind es Fasernetze, in deren Knotenpunkten oder zwischen denen Kerne eingebettet sind, bald liegen hier, wie bei Barsch und Kaulbarsch, mehrere Lagen sternförmiger abgeplatteter Zellen übereinander vor. Wie ich früher hervorgehoben und durch Abbildungen vom Rochen erläutert habe (l. c. pag. 13. Fig. 5 u. 6), handelt es sich hier um glatte Zellen, die in ihrer Substanz in das faserige und reticuläre Bindegewebe der Retina übergehen, und mit Rücksicht auf die Frage nach der Entwickelung dieses Bindegewebes ein hohes Interesse besitzen. Ich kann hier nur auf das damals Gesagte zurückverweisen. Dass die Substanz dieser Zellen nicht nur zu einem netzförmig gestrickten, sondern auch zu parallel-faserigem Gewebe, wie fibrilläres Bindegewebe, sich umwandeln kann, davon liefert die Retina des Barsches (Perca fluviatilis) überraschende Präparate. Wie bei den Fischen solche Zellen und Zellenreste, die entschieden der Bindesubstanz der Retina angehören, zwischen äusserer und innerer Körnerschicht massenweise vorkommen, so werden Andeutungen davon auch noch bei anderen Wirbelthieren sich vorfinden. Dieser Punkt bleibt späteren Forschern empfohlen.

Zur Bindesubstanz der Retina sind endlich die Blutgefässe derselben zu rechnen, welche sich beim Menschen in allen inneren Schichten bis dicht an die Zwischenkörnerschicht erstrecken. Namentlich bei den grösseren derselben ist der Uebergang ihrer äusseren Wand in das retikuläre Bindegewebe bei vorsichtigen Isolirungen in ganz ähnlicher Weise wie in den Lymph- und lymphoiden Drüsen wahrzunehmen. Einer kurzen Notiz zufolge [1]) hat His in der Retina Andeutungen derselben perivasculären Lymphbahnen beobachtet, wie er sie um die Blutgefässe der Hirnsubstanz nachwies. Wir dürfen ausführlicheren Mittheilungen über diesen Gegenstand entgegensehen. Ein nicht geringes Interesse bieten die Resultate der von Hyrtl [2]) und von H. Müller [3]) bei verschiedenen Wirbelthieren ausgeführten Injectionen in so fern, als durch sie nachgewiesen wurde, dass Vögel, Reptilien, Amphibien und Fische der Blutgefässe in der Retina ganz entbehren, viele Säugethiere

1) Zeitschr. für wissensch. Zoologie Bd. XV, 1865, pag. 140.
2) Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. zu Wien Bd. XLIII, p. 207.
3) l. c. VIII, p. 97. Würzburger naturwiss. Zeitschrift Bd. II, p. 64, 222

aber, abweichend von dem gewöhnlichen Verhalten, Blutgefässe nur in einem kleinen, dem Optikuseintritt benachbarten Gebiet besitzen, so der Haase nur soweit seine Retina durch markhaltige Fasern in der Optikusschicht undurchsichtig ist, das Pferd in einem den Sehnerven nur um wenige Millimeter rings überschreitenden Felde. Da das Blut, wie ich finde, schon in den dünnsten Schichten viel Violet absorbirt, so kann die An- oder Abwesenheit der Blutgefässe nicht gleichgültig für den Sehact sein. Es wäre von Interesse, die Beziehungen zwischen den Verschiedenheiten im Vorkommen der Blutgefässe und der verschiedenen Sehschärfe der Thiere, so viel es angeht, einer Prüfung zu unterwerfen. Eine experimentelle Begründung dieser meiner Vermuthung über den Einfluss des Blutes auf den Sehact könnte sich möglicher Weise aus dem Studium der Veränderungen des Blutes bei Santoningenuss ergeben.

VI. Methode der Untersuchung.

Für die Benutzung der Ueberosmiumsäure, welcher die im Vorstehenden niedergelegten neuen Beobachtungsresultate vorzugsweise zu danken sind, hält man sich am passendsten eine einprocentige Lösung vorräthig, welche man im Mensurircylinder je nach Bedürfniss verdünnen kann. Ich habe mich bei der Retina mit Vortheil der bis zu $^1/_{10}$ Procent verdünnten Lösungen bedient. Die stärkeren von $1-^1/_4$ % wirken schnell erhärtend ohne jedoch interstitielle Gerinnungen zu erzeugen, schon nach $^1/_2$ stündiger Einwirkung derselben auf isolirte Retinastücke lassen sich diese durch Zerzupfen nach der Richtung der Radialfasern in Blätter spalten, in welchen sich die Stäbchen- und Zapfenfasern erkennen und wenn sie nicht schon zu brüchig geworden sind, isoliren lassen, während die bindegewebigen Radialfasern noch wenig deutlich hervortreten. Solche Präparate können ohne Schaden bis 24 Stunden und länger in der Lösung liegen bleiben und werden dann behufs der Untersuchung in Wasser ausgewaschen, worin man sie auch Tage lang aufbewahren kann. Jedoch schreitet dabei die Erhärtung auch des bindegewebigen Stützapparates allmählig voran, ebenso wie die dunkle Färbung im Wasser noch nach und nach zunimmt. Die Herstellung des mikroskopischen Präparates selbst habe ich immer in Wasser vorgenommen. Die schwarze Farbe, welche das Präparat schon in den ersten Minuten nach dem Einlegen anzunehmen beginnt, ist zuerst

eine in allen Schichten ziemlich gleichmässige. Später stellen sich oft geringe Unterschiede heraus, indem die Optikusfaser- die molekuläre und die Zwischenkörnerschicht die intensivere Farbe zeigen. Bei Fröschen und Fischen färben sich bei weitem am intensivsten die Aussenglieder der Stäbchen. Man erhält hier namentlich nach längerer Einwirkung Präparate, an welchen das Aussenglied tief schwarz, das Innenglied fast ungefärbt ist, und beide sich haarscharf abgränzen. Bei Säugethieren tritt dieser Unterschied in der Färbung ebenfalls ein, jedoch nicht constant und unter Umständen, die ich nicht anzugeben vermag. Die Grenze zwischen Innenglied und Aussenglied wird jedoch immer auf das schärfste markirt, wesshalb ich zum Studium der Stäbchen kein besseres Mittel anzugeben vermag als die Ueberosmiumsäure. Concentrationsgrade von $^1/_5$ % an abwärts wirken nicht mehr vorwiegend erhärtend, sondern zugleich macerirend, so dass beim Zerzupfen die Brüchigkeit des Präparates in den Hintergrund tritt, die Fasern, namentlich die nervösen, dagegen auf längere Strecken erhalten werden können. Meist genügt ein Einlegen von 12—24 Stunden zur Erzielung der vollen Wirkung. Selten hat längeres Liegenlassen einen Vortheil, oft dagegen einen Nachtheil, so dass ich häufig die Säurelösung mit reinem Wasser vertauscht habe. In den schwächeren Lösungen stellen sich auch an den feinsten Nervenfasern, wenn sie erhalten sind, Varikositäten ein. Ein Hauptvortheil der Ueberosmiumsäure besteht darin, dass die Elemente des bindegewebigen Stützapparates später erhärten als die nervösen, ein anderer ist der, dass die Säure mit Ausnahme ganz starker Lösungen, körnige Gerinnungen weder innerhalb noch ausserhalb der Elementartheile der Retina erzeugt.

Auch an ungeöffnet eingelegten Augen macht sich die Wirkung der Ueberosmiumsäure auf die Retina geltend, um so schneller je dünner die Sclerotica ist. Augen von Schaaf oder Kalb zeigen ungeöffnet in 1procentige Lösung gebracht bereits nach einigen Stunden eine schwarze Färbung der Retina und erhärtete Elementartheile derselben, so dass sie jetzt der Einwirkung von Wasser widerstehen.

Der Gebrauch der Ueberosmiumsäure ist nicht ohne Gefahr für die Gesundheit. Beim Abwägen der trocknen Säure ebenso wie bei der Benutzung der Lösungen hat man sich sorgfältig vor ihren Ausdünstungen zu schützen, welche Conjunctivitis, Schnupfen und Kehlkopfcatarrh erzeugen. Vielleicht liesse sich die Ueberosmium-

säure durch eine der minder flüchtigen Säuren anderer verwandter Metalle ersetzen.

Indem ich der merkwürdigen Wirkungen der Ueberosmiumsäure gedenke, kann ich nicht umhin, im Namen der mikroskopirenden Anatomen wiederholt Dank zu sagen meinem verehrten Lehrer und Freunde dem Professor der Chemie Franz Schulze in Rostock, welcher mich zuerst darauf hinwies, dass thierische Gewebe in verschiedenem Grade reducirend auf die Lösungen der gedachten Säure wirken [1]). Auch verfehle ich nicht der Kaiserlich russischen Akademie der Wissenschaften zu Petersburg öffentlich meinen Dank abzustatten, dass mir dieselbe aus ihrem Laboratorium einen nicht unbeträchtlichen Vorrath des werthvollen Osmiumpräparates zur Disposition stellte.

Von grossem Werthe, wie bei allen Untersuchungen zarter Gewebe im frischen Zustande so auch bei der Retina, ist das von mir eingeführte Jodserum [2]). Nicht nur dass grössere Quantitäten desselben bei Zergliederungen der Augäpfel unentbehrlich sind, wenn es sich um eine möglichst schonende Ablösung der unveränderten Retina und Uebertragung einzelner Stücke derselben auf den Objectträger handelt; auch die Maceration der Gewebebestandtheile der Netzhaut behufs ihrer Isolirung gelingt im Jodserum vortrefflich. Am wenigsten gut erhalten sich in dieser Flüssigkeit die Aussenglieder der Stäbchen und Zapfen. Was die Herstellung des Jodserum betrifft, so benutze ich dazu klares Amnioswasser von Wiederkäuer-Embryonen, dem ich wiederholt soviel concentrirte Jodtinctur zusetze, dass die Farbe sich stets ein wenig jodgelb erhält. Sie blasst auch bei gutem Abschluss gegen die Luft namentlich in der ersten Zeit immer schnell ab, so dass ein wiederholter Zusatz von Jod nothwendig ist, wenn der Zersetzung vorgebeugt werden soll. Ich pflege auch wohl nach dem ersten Zusatz von Jodtinctur einige Krystalle von Jod in die Flüssigkeit zu werfen, die sich bei wiederholtem Umschütteln allmählig auflösen. Oder endlich ich verdünne eine concentrirte Auflösung von Jod in Amnioswasser, welche eine tief braune Farbe besitzt, mit frischem Amnioswasser, wodurch jeder Zusatz von Alcohol vermieden wird.

---

1) Vergl. meinen Aufsatz über die Leuchtorgane von Lampyris in diesem Archiv Bd. I p. 132.

2) Virchow's Archiv Bd. p. XX, p. 263.

Beiläufig will ich hier erwähnen, dass ich auch mit Brom Versuche angestellt habe Eiweisslösungen, namentlich Amnioswasser, zu conserviren. Die erste Wirkung des Zusatzes einiger Tropfen Broms zu einer grösseren Quantität gelblichen Amnioswassers ist die Entfärbung desselben. Es wird gebleicht und farblos wie Wasser. Niederschläge bilden sich nicht, bei fortgesetztem Bromzusatz tritt natürlich wieder gelbliche Färbung auf. Die zum Bleichen hinreichende Menge ist mehr wie ausreichend, das Amnioswasser dauerud und ohne erneuten Zusatz, und ohne dass luftdichter Verschluss nothwendig wäre auf Jahre hin vor jeder Veränderung zu bewahren. Es grenzt an das Unglaubliche, dass solches Amnioswasser, welches nach längerem Stehen an der Luft jede Spur von Brom-Geruch verloren hatte, monatelang in einer weithalsigen Flasche offen stehen konnte, nur durch eine übergestülpte, oft gelüftete Glasglocke gegen Staub geschützt, ohne die geringsten Spuren von Zersetzung zu zeigen. Jedenfalls genügen also die nicht flüchtigen Bromverbindungen einer solchen Mischung, um jede Infusorien- oder Pilzbildung zu verhindern. Ein solches Serum ist aber in seiner Einwirkung auf lebendige thierische Gewebe sehr verschieden vom Jodserum. Das Bromserum tödtet Zellen schnell ab, verändert ihre Gestalt und vermittelt Lösungserscheinungen, welche es als conservirende Flüssigkeit par excellence, wie sie das Jodserum ist, nicht gelten lassen können. Fibrilläres Bindegewebe quillt im Bromserum auf wie in sehr verdünnter Essigsäure. Die antiseptische Wirkung minimaler Mengen von Brom, wie sie sich aus meinen Versuchen ergiebt, dürfte in mannigfacher Beziehung von grossem Werthe sein, für den Chemiker, wenn es sich um Conservirung gewisser leicht zersetzbarer organischer Flüssigkeiten handelt, die durch das Brom selbst nicht unbrauchbar werden, für den Arzt, wenn er gegen gangränöse und verwandte Processe zu Felde zu ziehen hat. In letzterer Beziehung citire ich hier eine mir (wenn ich nicht irre in Schmidt's Jahrbüchern) vor Kurzem zu Gesicht gekommene Notiz, nach welcher Dr. Fuckel in Schmalkalden die specifische Wirkung des Brom in Lösung (6 Gr. mit 24 Gr. Bromkalium in ℥j Wasser) zum Bepinseln bei dem sonst unaufhaltsam um sich greifenden Noma rühmt.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. VIII. Vergrösserung, wenn nicht besonders angegeben 4--500 mal.

Fig. 1. Auge vom Hühnchen in situ, 40. Stunde der Bebrütung, optischer Querschnitt; a äusseres, i inneres Blatt der primären Augenblase: l Linse. Vergr. 180.

» 2. Auge vom Hühnchen in situ. 60. Stunde, optischer Querschnitt; a äusseres, i inneres Blatt der primären Augenblase; s. a. secundäre Augenblase: l Linse; xx Grenzlinien der embryonalen Augenspalte. Vergr. 180.

» 3. Dasselbe 80. Stunde der Bebrütung oder Anfang des 4. Tages. Die Pigmententwickelung in dem äusseren Blatt der primären Augenblase beginnt ungefähr um diese Zeit Vergr. 180.

» 4. Querschnitt durch die beiden Blätter der primären Augenblase von dem Auge Fig. 2. Vergr. 500. a äusseres, i inneres Blatt.

» 5. Querschnitt derselben Theile von dem Auge Fig 3.

» 6. Querschnitt derselben Theile von dem Auge Fig. 7 vom Anfang des 5. Tages.

» 7. Aeussere Ansicht des Auges in situ von einem 100 Stunden bebrüteten Hühnchen. Die Pigmententwickelung in dem äusseren Blatte der primären Augenblase hat begonnen. Die embryonale Augenspalte (s) ist bis auf eine schmale Raphe geschlossen; l Linse Vergr. 180.

» 8. Querschnitt der beiden Blätter der primären Augenblase vom 6. Tag.

» 9. Flächenansicht des pigmentirten äusseren Blattes, von demselben Auge.

» 10. Aeussere Fläche des inneren Blattes der primären Augenblase (membrana limitans externa) vom Hühnchen am Anfang des 8. Tages der Bebrütung, frisch in humor vitreus; a Rand, b Fläche.

» 11. Querschnitt der Retina vom 8. Tage, von der m. limitans externa (l. e) bis zur m. limitans interna (l. i). Von einem in 2 % Lösung v. Kali bichrom. erhärteten Auge. Die Schichtung ist noch nicht deutlich ausgeprägt, die äussere Körnerschicht ist als eine etwas undurchsichtige Partie angedeutet, die Ganglienzellen sind als grössere Zellen erkennbar, ebenso ist die Nervenfaserschicht unverkennbar.

» 12. Aeussere Fläche der membrana limitans externa frisch in humor vitreus, a Rand, b Fläche. Vom Anfang des 9 Tages, vom Hintergrunde des Auges genommen. wie auch in den folgenden Figuren.

» 13. Dasselbe vom Ende des 9. Tages. Die Fläche zeigt hier zum ersten Male halbkuglige Hervorragungen, grössere und kleinere wie hervorsprossende Zapfen und Stäbchen.

» 14. Dasselbe vom Anfang des 10. Tages, die grösseren Elemente eben hervorsprossend, von den kleineren weniger zu sehen als in der vor. Figur.

Fig. 15 Durchschnitt durch die Retina desselben Hühnchen wie Fig. 14 vom Anfang des 10. Tages, nach vorgängiger Erhärtung des Auges in 2 % Lösung v. Kali bichrom. Die äussere Körnerschicht ist bereits scharf von der inneren geschieden. Die inneren Schichten sind nicht mit abgebildet; l. e. limitans externa; z. k. Zwischenkörnerschicht

» 16. Aeussere Fläche der Zapfen- und Stäbchenschicht von der Retina eines 11 Tage bebrüteten Hühnchens. Die grösseren Elemente sind in auffallender Regelmässigkeit angelegt, die kleineren kaum wahrzunehmen a Rand, b Fläche.

» 17. Dasselbe vom 13. Tage, dem vorigen sehr ähnlich.

» 18. Durchschnitt durch die Retina vom 13. Tage Alle Schichten sind wohlentwickelt zu erkennen, auf der m. limitans externa (l. e.) nur die grösseren Elemente; l. i. limitans int.

» 19. Rand (a) und Fläche (b) der m limitans ext. von der Retina des 11 Tage bebrüteten Hühnchens. Von der Fläche gesehn treten zwischen dem grösseren (Stäbchen) die kleineren (Zapfen) im natürlichen Querschnitt als kleine runde Kreise deutlich hervor.

» 20. Pigmentzellen desselben Auges.

» 21. Zapfen- und Stäbchenschicht der Retina vom 15—16. Tage der Bebrütung frisch in humor vitreus. Hintergrund des Auges. Die Gegend der ora serrata bleibt constant ein wenig in der Entwickelung zurück.

» 22. Dasselbe vom 17. Tage.

Taf. IX. Vergrösserung 4—500 Mal.

» 1. Zapfen und Stäbchenschicht der Retina vom Hühnchen am 17—18. Tage der Bebrütung. In den kleineren Elementen haben sich winzige glänzende Kugeln gebildet, welche, wie die Profilansicht Fig. 1 a zeigt, an der Spitze der jetzt bereits ziemlich langen conischen Hervorragungen ihren Sitz haben. Auch in den grösseren Elementen scheinen ähnliche glänzende Kügelchen vorhanden, welche in einem wie durch eine Querlinie abgeschnürten vorderen, körnchenlosen Theil liegen. Bei der Seitenansicht, Fig 1 a. ist dies Verhältniss deutlich zu sehen, bei der Ansicht von oben kommt eine Andeutung davon zum Vorschein, wenn die Elemente sich ein wenig schief gelagert haben. Es ist auch möglich, dass einige dieser glänzenden Körperchen der Entwickelung der äusseren Glieder der Stäbchen angehören. In der Nähe der ora serrata fehlen die glänzenden Körnchen noch.

» 2. Dieselbe Ansicht am 18.—19. Tage der Bebrütung. Ein Theil der glänzenden Kügelchen in den kleineren Elementen (Zapfen) hat eine intensiv rothe Farbe angenommen Die Profilansicht ist ganz wie 1a.

» 3. 19. Tag. Zwischen den in regelmässigen Abständen entwickelten

rothen Kügelchen haben sich andere in zwischenliegenden Zapfen gelb gefärbt. Die grösseren Elemente bleiben alle farblos. Was in ihnen anfänglich wie ein glänzender Fetttropfen erschien, hat sich vergrössert und wird zum glänzenden äusseren Theil des Stäbchens. Eine Profilansicht der Zapfen zeigt Fig. 3 a. An der ora serrata sind die glänzenden Kügelchen noch ungefärbt.

Fig. 4. Vom 20.—21. Tage. Die Zahl der gelben Kugeln hat sich noch vermehrt, ihre Grösse, so wie die der rothen, deren Zahl nicht zugenommen hat, ist ansehnlicher, die Farbe intensiver. Die grösseren farblosen Elemente zwischen ihnen sind wesentlich unverändert; Fig. 4 a Zapfen im Profil.

» 5. Dasselbe einen Tag nach dem Auskriechen des Hühnchens aus dem Ei. Der Durchmesser der farbigen Kugeln in den Zapfen hat noch zugenommen, einzelne Zapfen haben noch ungefärbte Kugeln, die farblosen Stäbchen zeichnen sich immer noch durch ihre Grösse zwischen den Zapfen aus. Auch um diese Zeit findet man an der ora serrata noch ganz ungefärbte Stellen (Fig. 5 a). Die schwarzen Pigmentepithelzellen haften wie schon vom 18. Tage an sehr fest auf der Stäbchen- und Zapfenschicht, so dass immer nur zufällig einzelne Stellen der Retina frei abgelöst erhalten werden. Verschiedene Sorten Hühner scheinen in dieser Beziehung Variationen darzubieten.

» 6 a, b, c. Flächenansichten der Stäbchen und Zapfen von verschiedenen Stellen der Retina mehrerer junger aber beinahe ausgewachsener Hühner. Die rothen Elemente stehen überall in ziemlich gleichmässigen Entfernungen, ihre Zahl und Grösse ist keinen bemerkenswerthen Variationen unterworfen. Die gelben, sowohl heller als dunkler gelbe, überwiegen bedeutend an Zahl. Zwischen ihnen stehen farblose Elemente, Stäbchen, entweder in ziemlich regelmässigen Entfernungen wie in 6 a, oder unregelmässiger wie in 6 b; 6 c ist dem Hintergrunde des Auges entnommen, wo die farblosen Elemente am meisten zurücktreten, sowohl an Zahl als namentlich an Grösse.

» 7 a, b, c. Flächenansichten verschiedener Stellen der Retina von der Taube, die ersten beiden ohne, die letztere mit dem Pigment. 7a vom Hintergrunde des Auges und der vom Pecten abgewandten Hälfte, wo die Retina durch röthliche Farbe von den übrigen, hellgelben Partieen ausgezeichnet ist. Die farblosen grösseren Kreise gehören den Stäbchen an, dazwischen die rothen und gelben Zapfen. Letztere sind kleiner und dunkler orange gelb als an den übrigen Theilen der Retina, welche ein Ansehn wie Fig 7b bieten. Hier ist auch die Zahl der Stäbchen grösser. Orange gelbe Elemente sind nur sparsam zwischen strohgelben zerstreut. Fig. 7c ist eine Flächenansicht der noch mit dem Pigment bedeckten Retina. Die

hellen Stellen sind die Stäbchen, welche durch die dicken Pigmentzellen hindurchragen, von den Zapfen sieht man die gefärbten Kugeln hindurchschimmern. 7 d Seitenansicht von 4 Zapfen und einem Stäbchen aus dem röthlichen Theil der Retina. Die Zapfen mit den rothen Kugeln enthalten hier noch ein diffuses röthliches Pigment, ähnlich wie es sich in den gelben Zapfen der Retina von Lacerta viridis (Fig 11) wiederholt.

Fig. 8 1 und 2 Krähe, Corvus corone. Flächenansichten der Stäbchen und Zapfen, 1 von der Gegend des Aequator, 2 von der Fovea centralis, beide mit dem Pigment. An der fovea sind die hellen Stellen, die Stäbchen, von viel geringerem Durchmesser und die Zapfen daher einander viel mehr genähert als am Aequator. In der Vertheilung der rothen Elemente bieten beide Zeichnungen keinen Unterschied dar.

» 9. Falco buteo. Vier Flächenansichten der Stäbchen und Zapfen mit dem Pigment.

a) Aus der Gegend des Aequator des Auges, mit grossen Stäbchen und rothen und gelben Zapfen;

b) von einer der beiden foveae centrales, an beiden finden sich nur gelbe Zapfen.

c) vom Rande der fovea, zwischen den gelben Zapfen stellen sich dünne Stäbchen ein. Rothe Elemente fehlen noch, die dann aber sehr bald hinzutreten;

d) der ora serrata entnommen. Die Zapfen haben einen viel ansehnlicheren Durchmesser, die Pigmentirung ist schwächer.

» 10. Retina einer jungen Eule, wahrscheinlich strix aluco; 10a Flächenansicht der Stäbchen, zwischen denen einzelne dunklere Flecke die Lage der Zapfen andeuten. Wegen der sehr bedeutenden Länge der Stäbchen, welche die Ursache ist, dass sie sehr leicht auseinander fallen und sich umlegen, bekommt man so reine Flächenansichten nur schwer zu sehen. Die starklichtbrechenden äusseren Stäbchenglieder lassen sich streckenweise leicht entfernen. Dann erhält man das Bild wie 10 b, wo die gelben Kugeln in den Zapfen hervortreten, die vorher durch die Länge und starke Lichtbrechung der Stäbchen verdeckt waren. Fig. 10c Seitenansicht der Stäbchen und Zapfen, der äusseren und eines Theiles der inneren Körnerschicht; f. a limitans externa, d Zwischenkörnerschicht.

» 11 Strix noctua, a und b Flächenansichten der Chorioidealseite der Retina. Das Pigment löst sich sehr leicht, so dass es nicht in situ zu erhalten ist, Gefärbte Elemente sind an Präparaten, an denen die ausserordentlich langen Stäbchen in natürlicher Stellung erhalten wurden, nicht zu bemerken. Wie in Fig. 11 a liegen die Stäbchen etwa wie in der Retina der Fledermaus ohne Unterbrechung durch Zapfen dicht aneinander, oder sie fallen zu Bündeln gruppirt

ein wenig auseinander, so dass tief klaffende Spalten zwischen ihnen auftreten (Fig. 11b). Bei der enormen Länge der Stäbchen und ihrem eigenthümlichen Glanz, welcher der Retina schon für die Betrachtung mit blossem Auge einen Atlasschimmer und eine blass röthliche Färbung giebt, kann man durch die Stäbchen hindurch von den übrigen Schichten der Retina kaum etwas bemerken.

Legt man die Stäbchen um und comprimirt das Präparat ein wenig, so kommen einige Zapfen mit blassgelben Pigmentkugeln zum Vorschein. Fig. 11c. Ob die Zapfenstäbchen derselben bis zum Niveau der Stäbchenenden reichen ist zweifelhaft, die Betrachtung von der Fläche lässt, wie angeführt. nichts von Zapfen erkennen. In der ora serrata sind die Kugeln in den Zapfen nicht mehr gelb, sondern farblos. Fig. 11c nach einem Präparat, welches $^1/_2$ Stunde in einer $^1/_4$ % Lösung von Ueberosmiumsäure gelegen hat. a limitans externa, b Stäbchen, c Zapfen, d Zwischenkörnerschicht, e Müller'sche Faser, f innere Körner, g molekuläre Schicht.

Fig. 12. Flächenansicht der Zapfen der Retina von Lacerta viridis. 12a die Zapfen von der Seite gesehen.

Taf. X.

Zapfen und Stäbchen mit ihren Fasern bis zur Zwischenkörnerschicht vom Menschen. Alle Figuren mit Ausnahme der 8. sind bei 500facher Vergrösserung gezeichnet, Fig. 1—8 nach Präparaten, welche einem 24 Stunden in Ueberosmiumsäurelösung (1:700) macerirten Retinastücke entnommen wurden von einem frischen gesunden Auge, Fig. 9—12 von einem in Müller'scher Flüssigkeit erhärteten Auge mit Atrophie des Optikus. a a bedeutet überall die membrana limitans externa, b die Stäbchen, c die Zapfen, b' das Stäbchenkorn innerkalb der äusseren Körnerschicht, c' das Zapfenkorn, d die Zwischenkörnerschicht. Die Aussenglieder der Zapfen sind an den von in Ueberosmiumsäure präparirten Theilen herrührendes Abbildungen unvollständig, weil geschrumpft. Die Aussenglieder der Stäbchen sind gezeichnet wie sie im frischen Zustande aussehen.

Fig. 1. Von dem peripherischen Theil der Retina. Der Raum zwischen a und d ist durch die Stäbchen- und Zapfenkörner (letztere immer dicht an der limitans externa gelegen) vollständig ausgefüllt. Zu der Abbildung wurde eine Stelle gewählt, an welcher einzelne Stäbchenkörner ausgefallen sind, wodurch die von den übriggebliebenen ausgehenden Fasern auf ihre ganze Länge sichtbar geworden sind. Die Zapfenfasern enden mit einer kegelförmigen Anschwellung, welche sich an der oberen Grenze der Zwischenkörnerschicht in die feinen Fasern der letzteren auflöst, die Stäbchenfasern, mit exquisiten feinen Varikositäten besetzt, enden mit einer solchen

Varikosität, einer durch Aufquellen erweichten Stelle, ebenfalls an der Zwischenkörnerschicht.

Fig. 2. Die gleichen Elemente von einer im Umkreise der macula lutea gelegenen Stelle. Zapfen- und Stäbchenfasern sind bedeutend länger geworden, die betreffenden Körner sind aber in ihrer früheren Anordnung verblieben, so dass jetzt über der Zwischenkörnerschicht d ein körnerloser, nur radiärfaseriger Abschnitt der äusseren Körnerschicht entsteht, welcher eine noch weit ansehnlichere Höhe erreichen kann, als die Figur angibt. Es ist dies diejenige Stelle, von welcher H. Müller meinte, sie sei aus einer Verdickung der Zwischenkörnerschicht hervorgegangen, und welche Henle die äussere Faserschicht der Retina nennt.

» 3. Eine entsprechende Stelle der Retina, dem Rande des gelben Fleckes noch näher. In der inneren Abtheilung der äusseren Körnerschicht hat sich ein in der Richtung nach der ora serrata zu strebender schiefer Verlauf der Stäbchen- und namentlich der jetzt mit der Abnahme der Stäbchen endlich allein übrigbleibenden Zapfenfasern eingestellt. Sonst Alles wie vorhin.

» 4. Vom Rande der macula lutea. Der schiefe Verlauf der Stäbchen- und Zapfenfasern tritt noch ausgeprägter hervor.

» 5, 6 und 7 stellen Zapfen der macula lutea und der fovea centralis dar, alle bei a, an der limitans externa, mit den Zapfenfasern in Verbindung, welche nach Bildung der Zapfenkörner, z. Th. auch schon früher, von der radialen Richtung abweichen und die meridionalwärts schiefe einschlagen, dabei eine solche Länge erreichen, bevor sie an die Zwischenkörnerschicht gelangen, dass eine vollständige Isolirung derselben nicht ausführbar ist. Die Länge wird die der Fig. 4 vielleicht um das 6fache übersteigen. Die Aussenglieder der Zapfen sind, wie bereits oben bemerkt wurde, geschrumpft.

» 8a. ein Zapfen von einem peripherischen Theile der Retina nach Ueberosmiumsäure-Behandlung bei 1000maliger Vergrösserung. Das Aussenglied ist geschrumpft, das Innenglied, der Zapfenkörper, zeigt eine fein faserige Structur, etwa so wie die Substanz der centralen Ganglienzellen; diese hört scheinbar an der kernhaltigen Anschwellung des Zapfens unter der limitans externa auf, um jedoch in der Zapfenfaser wieder aufzutreten, wo sie mit der Zerfaserung am unteren, angeschwollenen Ende in Zusammenhang stehen dürfte. Fig. 8 b ist ein bei der gleichen Vergrösserung gezeichnetes Stäbchen, aber ohne Aussenglied: b' der kernhaltige Theil der Stäbchenfaser, das sogenannte Stäbchenkorn.

» 9—12 stellen Zapfen und Stäbchen von dem gelben Fleck und seiner Umgebung dar nach einem feinen, durch eine in Müller'scher Flüssigkeit erhärteten Retina gelegten, und dann mit Nadeln zerzupften Schnitte. Die Präparate sind abgebildet um zu beweisen,

dass sich, auch ohne dass die Stäbchen- und Zapfenfasern erhalten sind, doch die Stäbchen- und Zapfenkörner (b' und c') unterscheiden lassen, und dass die mit den dünnen Zapfen der fovea centralis (fig. 12) in Verbindung stehenden Körner den Zapfenkörnern der Peripherie gleichen. Bezüglich der Zapfenfasern zeigte sich das Präparat ganz ungenügend, was einmal der zur Isolirung derselben überhaupt ungeeigneten längeren Einwirkung der Müller'schen Flüssigkeit, anderentheils pathologischen Verhältnissen zuzuschreiben sein mag. Das betreffende Auge war wegen intercalarem Staphylom exstirpirt, und zeigte Atrophie der Optikusschicht und Ganglienzellen.

Taf. XI.

Die Tafel stellt wesentlich die Verschiedenheit der Elemente der äusseren Körnerschicht von Thieren dar zur Vergleichung mit den auf der vorigen Tafel vom Menschen gegebenen Abbildungen. Vergr. 4—500. Fast alle Figuren sind nach Ueberosmiumsäure-Präparaten gezeichnet, an welchen die Stäbchen- und Zapfenfasern sich isoliren liessen, während die Stäbchen und Zapfen selbst nicht immer in allen ihren Theilen erhalten waren. Diese sind denn auch oft unvollständig abgebildet, oder nach frischen Präparaten ergänzt. Die Buchstabenbezeichnung ist allgemein dieselbe, so dass a die limitans externa, b die Stäbchen, c die Zapfen, b' die Stäbchenkörner, c' die Zapfenkörner, d die Zwischenkörnerschicht, e die radialen Stützfasern, f die inneren Körner bedeutet.

Fig. 1 und 2 vom Rind.

» 3 und 4 vom Schaaf. An beiden ist die Ausstrahlung der radialen Stützfasern e e in der äusseren Körnerschicht gezeichnet. Von nervösen Fasern zeigt nur Fig. 3 zwei Zapfenfasern.

» 5. Einzelner Zapfen vom Schaaf mit Zapfenkorn und Zapfenfaser, aber ohne Aussenglied.

» 6 und 7 von Cyprinus barbus.

» 8 und 9 von Esox lucius. Hier gleichen die unteren Enden der Stäbchenfasern, abgesehen von ihrer geringeren Grösse, in auffallender Weise denen der Zapfenfasern. An beiden tritt nach längerer Einwirkung von Ueberosmiumsäure eine ziemlich intensiv dintenartige Färbung auf (Fig. 9).

» 10 und 11. Präparate der Stäbchen und Zapfenfasern von Perca fluviatilis mit sehr dünnen Lösungen von Chromsäure bereitet. In Fig. 11 c ein Zwillingszapfen, der mit zwei Zapfenfasern in Verbindung steht. Die Stäbchen sind nach frischen Präparaten vervollständigt, da sie in den Lösungen der Chromsäure schrumpfen. Die Trennung von Innen- und Aussenglied ist damals, als ich diese Zeichnungen fertigte, von mir nicht angegeben worden, besteht hier aber so gut wie bei den anderen Thieren.

Fig. 12. Theil der Retina der Taube nach Ueberosmiumsäure-Behandlung. Die drei mit b bezeichneten Stäbchen entbehren der im frischen Zustande gefärbten stark lichtbrechenden Kugeln, welche die Zapfen auszeichnen. Von Stäbchenkörnern sieht man nur eins am linken Rande der Figur, die anderen äusseren Körner gehören alle zu Zapfen. Ein Unterschied im Aussehen von Stäbchen- und Zapfenkörnern ist nicht zu bemerken.

» 13. Radiale Stützfasern aus der Retina des Huhnes durch Ueberosmiumsäure isolirt. Bei a Uebergang derselben in die limitans externa, über welche einige feine Fasern hinausragen, deren Bedeutung zweifelhaft geblieben ist. Es scheint, dass sie von den in der folgenden Figur abgebildeten feinen Ausläufern der Pigmentzellen herstammen.

» 14 und 15. Pigmentzellen der Retina der Taube (sogenanntes Chorioideal-Epithel). Der äussere Theil der Zellen ist wenig oder gar nicht pigmentirt, dann folgt der die äusseren Enden der Stäbchen und Zapfen umhüllende dunkel schwarze Theil. Aus diesem entwickelt sich nach innen, gegen die limitans externa zu eine grosse Zahl feiner, haarförmiger Fortsätze, welche wie ein Busch feinster Wimpern zwischen die Stäbchen und Zapfen hineinragen, und diese ganz umhüllen, und anfänglich noch pigmentirt, in ihren Enden vollkommen pigmentfrei sind.

» 16. Theil der Retina von Falco buteo. Ein Stäbchen und drei Zapfen, das Stäbchenkorn ist nicht erhalten. Unter der Zwischenkörnerschicht d, die inneren Körner mit schief durch diese Schicht ziehenden feinsten Nervenfaser in Verbindung, während die Stützfasern radial verlaufen. An einer anderen Stelle, deren Bild nicht mehr mit aufgenommen werden konnte, gelang es, die schiefen Fasern ganz zu isoliren, wobei ihr Zusammenhang mit den inneren Körnern und ihre fein variköse Beschaffenheit sehr deutlich nachgewiesen werden konnte. Ein inneres Korn verhielt sich zu der Faser wie ein Stäbchenkorn des Menschen zu der Stäbchenfaser.

» 17. Radiäre Stützfaser der Retina von Falco buteo mittelst Ueberosmiumsäure isolirt, in ihrer oberen Hälfte membranartig breit, mit einem ovalen Kern, am obereren Ende in die Zwischenkörnerschicht ausstrahlend, in der Mitte, an der Uebergangsstelle der breiten in die schmale Abtheilung, zum Theil in das feine Netz der molekulären Schicht aufgelöst, mit dem Rest bis zur limitans interna verlaufend.

» 18 und 19. Stäbchen und Zapfen vom Frosch mit ihren Körnern in der äusseren Körnerschicht. Auch hier ist wie bei den Vögeln ein Unterschied zwischen Stäbchen und Zapfenkörnern nicht zur Beobachtung gekommen. Beiderlei Elemente lösen sich an der oberen Grenze der Zwischenkörnerschicht in ein feines Fasergewebe

auf, welche Stelle sich bei Behandlung mit Ueberosmiumsäure manchmal intensiv schwarz färbt.

Taf. XII.

Fig. 1. Das Mosaik der Zapfen in der fovea centralis und deren Umgebung, also der Mitte der macula lutea, vom Menschen bei ungefähr 400maliger Vergrösserung dargestellt. Die Zeichnung stellt an der rechten Seite bei b b das Mosaik der Zapfenkörper dar, welche in Bogenlinien chagrinartig angeordnet als runde Kreise oder fast 6eckige Figuren einander berühren, während bei a die Zapfenspitzen, die Chorioidealenden der Aussenglieder, mit dargestellt sind, wie sie sich beim Heben des Tubus präsentiren, wenn die Zapfen genau senkrecht dem Beobachter zugekehrt stehen, was nach dem Abheben der Retina und dem Auslösen der Pigmentscheiden um die Zapfenspitzen selbst bei dem frischesten Präparat freilich nur selten über grössere Strecken der Fall ist. Die Bogenstellung der Zapfen zu erläutern, welche sofort bei der ersten Betrachtung einer hinreichend frischen macula lutea in die Augen springt, ist bei c c nur die Construction gestochen, in welche die Contouren der Zapfenkörper einzutragen wären. Natürlich kann diese Regelmässigkeit der Bogenstellung nur soweit reichen, als die Zapfenkörper noch continuirlich an Querschnitt abnehmen. Sobald, wie am Rande der Fovea, in dieser Beziehung das Minimum erreicht ist und alle Zapfenkörper über die ganze Fläche der Fovea gleiche Dicke beibehalten, nimmt die Anordnung an Regelmässigkeit ab. Es bleibt aber die Bogenstellung streckenweis auch an der Fovea unverkennbar. Der betreffende Theil der Figur ist so gezeichnet, als wenn nach Art der auf Taf. IX dargestellten Flächenansichten verschiedener Vogelnetzhäute das Pigment beim Abheben der Retina von der Chorioides, wie das hier in der That öfter geschieht, sitzen geblieben wäre, und scheidenartig die sämmtlichen Chorioidealenden der Zapfenspitzen umhüllte, die natürlichen Enden derselben aber frei liesse, so dass diese durch die zwischen sie eingeschobenen Pigmentzellenfortsätze von einander geschieden bei Beleuchtung von Unten wie leuchtende Punkte auf schwarzem Grunde erscheinen müssen.

» 2. Ein kleiner Abschnitt des die Umgebung der macula lutea bildenden Mosaiks, bestehend aus Zapfen c, zwischen welche sich in einfacher Reihe Stäbchen b b eingefunden haben. Vergr. 500.

» 3. Ein kleiner Abschnitt des Mosaiks der Stäbchen und Zapfen aus den sogenannten peripherischen Theilen der Retina. Wenige Millimeter vom Centrum des gelben Fleckes entfernt beginnt dies Mosaik, indem es durch Zunahme der Stäbchen zwischen den Zapfen aus dem der Fig. 2 hervorgeht, und erhält sich dann unverändert bis zur ora serrata, wo plötzlich die Stäbchen seltener werden und die Zapfen in blasse,

unregelmässig kreisförmige, Epithelzellen ähnliche Gebilde übergehen. Diese Elemente stellt

Fig. 4 dar, wo b ein Stäbchen, c einen veränderten Zapfen bedeutet. An den Zapfen sind keine Aussenglieder mehr zu sehen, und auch an den Stäbchen nimmt der Glanz ab, so dass es scheint, als wenn auch hier die Aussenglieder schwinden. Diese Veränderung ist auf einen sehr schmalen Saum beschränkt, indem sie den Uebergang zur pars ciliaris retinae einleitet. Vergr. wie die vorige 500.

Taf. XIII.

Fig. 1. Schematische Zeichnung eines Durchschnittes durch die macula lutea und fovea centralis der menschlichen Retina bei etwa 110facher Vergrösserung; i Optikusschicht, h Ganglienzellen-, g molekuläre, f innere Körner-, a d äussere Körner-Schicht mit der äusseren, die Stäbchen- und Zapfenkörner bergenden, und der inneren rein faserigen Abtheilung, a limitans externa, b c Stäbchen und Zapfenschicht, p Pigment. Die Schichten von a bis i sind genau copirt nach einem Durchschnitt durch eine normale menschliche Netzhaut, an welcher aber durch die ersten Anfänge einer plica centralis, wie sie bekanntlich an der macula lutea sehr bald nach dem Tode aufzutreten pflegt, das Relief nach dem Glaskörper zu verändert war. Die Zeichnung, wie sie hier vorliegt, zeigt die macula lutea ohne plica, also wie sie sich im Leben verhält. Die Stäbchen- und Zapfenschicht war an dem betreffenden Präparat ebenfalls sehr gut erhalten, so dass die Zeichnung sich auch hier an das Präparat genau anschliesst, aber die Pigmentschicht war nicht mehr in Verbindung mit den percipirenden Elementen, sie ist also der Vollständigkeit wegen nach anderen Präparaten eingetragen. Unter diesen Umständen ist natürlich auch die Darstellung der Zapfen an der Fovea, so wie sie hier gegeben ist, von einem andern Präparate entnommen. Das erst erwähnte bot wie mehrere andere, an denen die Centralfalte bereits aufgetreten war, zwar noch die Möglichkeit, die ansehnlichere Länge der Zapfen der Fovea im Vergleich zu denen der Nachbarschaft zu erkennen, aber da die Verbindung mit dem Pigment fehlte, fehlte auch die Controlle für die wirkliche Länge der Zapfen im Leben. Diese ergab sich aber an dem in Fig. 2 abgebildeten Präparate. Dass ich aber die Gegend, in welcher die längeren Zapfen stehen, in Fig. 1 etwas ausgedehnter gezeichnet habe, als Fig. 2 zeigt, rührt davon her, dass ich nach dem, was mir andere Präparate lehrten, gerade was diese verschiedene Länge betrifft, manche individuelle Schwankungen anzunehmen mich für berechtigt halte.

„ 2. Durchschnitt durch die macula lutea und fovea centralis von einem in Müller'scher Flüssigkeit erhärteten Auge, welches wegen Staphylom enucleirt wurde, bei 180facher Vergrösserung mit der camera

clara gezeichnet. Buchstaben wie vorhin. Die inneren Schichten der Retina sind nicht detaillirt, da in ihnen wie schon in der äusseren Körnerschicht eine bedeutende Atrophie Platz gegriffen hatte Die Zapfen sind vollkommen intact und in fester Verbindung mit dem Pigment geblieben, welches sie an ihrem Chorioidealende scheidenartig umhüllt.

Fig. 3. Durchschnitt durch die Mitte der macula lutea von einer in Müller'scher Flüssigkeit erhärteten Retina. Der Bulbus war wegen Atrophie des Sehnerven in Folge einer Geschwulst desselben in der Orbita enucleirt. Der Schnitt ist von Herrn Dr. Iwanoff gefertigt und wie das vorige Präparat in dessen Besitz. Die inneren Schichten der Retina sind atrophisch, d Zwischenkörnerschicht, l limitans interna. Die Zapfen sind vollkommen intact und scheiteln sich in der Mitte der Fovea nach rechts und links wie in dem von Henle im Handb. d. Anatomie Bd. II, p. 663 abgebildeten Schnitte.

Taf. XIV. Vergrösserung 4—500.

Fig. 1. Stäbchen der Retina von Rana temporaria;
- a) Chorioidealenden derselben in natürlicher Lage nach Entfernung des schwarzen Pigmentes;
- b) dieselben bedeckt von dem an ihnen haftenden sogenannten Pigmentepithel, dessen Pigment nur zwischen den Stäbchen sitzt;
- c) einzelnes Stäbchen frisch in Serum, um die feine Längsstreifung zu zeigen, welche dieselben constant zeigen, so lange noch keine Veränderungen durch die umgebende Flüssigkeit an ihnen eingetreten sind. Die Längsstreifung ist eine sehr scharfe, und von der starken Lichtbrechung der Stäbchensubstanz nicht abhängig.

» 2. Theil eines Querschnittes der Retina von Lacerta agilis nach einem Ueberosmiumsäure-Präparat. In den Zapfen (c) befindet sich ausser der im frischen Zustande gelben Fettkugel noch ein eigenthümlicher conischer stark lichtbrechender Körper an der Basis. a bedeutet hier wie an allen Querschnitten der Retina die m. limitans externa. d die Zwischenkörnerschicht, f die innere Körnerschicht.

» 3. Dasselbe von Anguis fragilis. c' eigenthümliche Form eines Zapfens, wie ich sie an dem Ueberosmiumsäure-Präparat häufig fand, gewissermassen ein Zwillingszapfen von dem die eine Hälfte die gelbe Fettkugel, die andere den stark lichtbrechenden Körper an der Basis enthält.

» 4. Retina von Vespertilio spec.; a. Mosaik der percipirenden Elemente frisch. Es fehlt jede Spur von Zapfen. b. Querschnitt nach Ueberosmiumsäure. Die Buchstabenbezeichnung wie bei allen Querschnitten der Retina, d. h. a limitans externa, b Stäbchen, b' Stäbchenkörner, d Zwischenkörnerschicht, f innere Körner-, g molekuläre Schicht, i Optikusfasern, l limitans interna.

Fig. 5. Mosaik der Stäbchen vom Meerschweinchen. Auch hier fehlen die Zapfen. Bei tiefer Einstellung etwa in der Höhe der Innenglieder der Stäbchen kommt im Centrum jeden Stäbchenkreises eine scharfe kuze Linie, ein etwas in die Länge gezogener schwarzer Punkt von räthselhafter Bedeutung zum Vorschein.

» 6. Querschnitt der Retina vom Igel. Buchstaben wie oben, e radiale Stützfasern.

» 7. Retina der Ratte (Mus decumanus); a Mosaik der Stäbchen mit einigen aber wenig regelmässigen Lücken, welche möglicher Weise Zapfen entsprechen. b Querschnitt, ausgezeichnet durch die enorm langen und sehr feinen Stäbchen und die sehr zahlreichen Stäbchenkörner. Buchstaben wie oben.

» 8. Retina vom Kaninchen; a Mosaik der Stäbchen mit ziemlich regelmässig vertheilten Lücken, welche wahrscheinlich Zapfen entsprechen, b Querschnitt nach einem Jodserum-Präparat, c Querschnitt nach einem Ueberosmiumsäure-Präparat. Buchstaben wie oben, e' Kerne der radialen Stützfaser, h Ganglienzellen. Von Zapfen ist nichts zu sehen. Die Stäbchenkörner zeigen Querstreifung.

» 9. Retina der Katze; a. Mosaik der Stäbchen und Zapfen, b. Querschnitt. P Pigmentzellen aus der Gegend des Tapetum, daher ohne Pigment, mit langen haarförmigen Fortsätzen, welche zwischen die Stäbchen hineinreichen. b Stäbchen, c Zapfen, c' Zapfenkörner; die übrigen Buchstaben wie oben.

» 10. Retina vom Hund; a Mosaik der Stäbchen und Zapfen, b Querschnitt. Buchstaben wie oben.

» 11. Mosaik der Stäbchen und Zapfen vom Schaaf.

Taf. XV.

Schematische Zeichnungen der beiden verschiedenen Gewebeformen, welche die Retina der Wirbelthiere, speciell des Menschen zusammensetzen, bei ungefähr 500maliger Vergrösserung.

Fig. 1. Das Bindegewebe der Retina, aa die membrana limitans externa, ee die radialen Stützfasern mit ihren Kernen e' e', l l die m limitans interna. Gröbere und feinere membranöse und faserige Brücken verbinden die Stützfasern untereinander, namentlich innig in meridionalen Zügen, so dass eine Abspaltung blattartiger Querschnitte der Retina in der meridionalen Richtung leichter als in jeder anderen gelingt. Die feinsten Maschennetze sind die der Zwischenkörnerschicht d und der molekulären Schicht g.

» 2. Die nervösen Elementartheile der Retina, an der Peripherie beginnend mit den Stäbchen b und den Zapfen c, deren Aussenglieder aber in keiner Continuität, sondern nur in Contiguität mit den Innengliedern zu stehen scheinen. Es folgen die Elemente der äusseren Körnerschicht, die Stäbchen- und Zapfenfasern mit den entsprechen-

den Körnern, kernhaltigen Anschwellungen der Fasern b' und c'. In der Zwischenkörnerschicht d findet sich ein unentwirrbares Geflecht feinster nervöser Fädchen, aus dem sich dann nach innen die radialen Nervenfasern der inneren Körnerschicht entwickeln, wieder mit kernhaltigen Anschwellungen, von denen noch nicht feststeht, ob sie nicht (bei Säugethieren und den Menschen wenigstens) nach der einen oder anderen Richtung hin zu einer Vermehrung der Fasern beitragen. Wieder unterbricht ein Gewirr feinster Nervenfasern die rein radiale Richtung der nervösen Bahnen und bildet mit dem spongiösen Bindegewebe zusammen die der grauen Hirnsubstanz ähnliche molekuläre Schicht der Retina, in welche sich mittelst unendlich feiner Aeste von innen her die Fortsätze der Ganglienzellen h h einsenken, welche nach der Optikusschicht i i hin mit den Optikusfasern in Verbindung treten. Dabei muss nebenher die Möglichkeit in Erwägung gezogen werden, dass ein Theil der Optikusfasern, die zahllosen unmessbar feinen, welche neben den dickeren in der Optikusschicht der Retina vorhanden sind, ohne Vermittelung von Ganglienzellen, also direct in die molekuläre Schicht gelangt.

Nachtrag.

Durch einen Zufall bin ich erst nach dem Abdruck der vorhergehenden Bogen in den Besitz von Braun's „Notiz zur Anatomie und Bedeutung der Stäbchenschicht der Netzhaut“ (in den Sitzber. d. Akad. d. Wiss. z. Wien 1860 vom 4. October, Bd. 42, p. 15) gelangt. Ich ersehe aus derselben, dass Braun das gleiche Verdienst wie Krause gebührt, auf die chemischen und physikalischen Unterschiede von Innen- und Aussengliedern der Stäbchen mit mehr Nachdruck aufmerksam gemacht zu haben, als ihre Vorgänger thaten. Braun kommt darin sogar die Priorität zu, denn seine Mittheilung datirt einige Monate früher als die von Krause. Zur Kenntniss der Verschiedenheit in der chemischen Zusammensetzung von Aussen- und Innenglied der Stäbchen liefert Braun den interessanten Nachweis, dass sich bei Carminimbibition erhärteter Netzhäute allein die Innenglieder und zwar sehr intensiv färben, während sich die Aussenglieder in scharfer Demarkationslinie absetzen. Diese Reaction bildet also gewissermassen das Gegenstück zu der Einwirkung der Ueberosmiumsäure, welche (besonders beim Frosch und bei Fischen) die Aussenglieder tief schwarz färbt, während die Innenglieder ungefärbt bleiben. Am Schlusse seiner Notiz spricht Braun die Vermuthung aus, dass diesen beiden Substanzen auch in Rücksicht auf ihre Function eine verschiedene Bedeutung beizumessen sei.“

Ueber die Skulptur der Gyrosigma.

Von

M. Schiff.

Hierzu Taf. XVI Fig. I—VI.

Unter dem von Hassall vorgeschlagenen Namen Gyrosigma bezeichne ich vorläufig alle Arten des Genus Pleurosigma, die in der Skulptur mit den allgemein bekannten Gyrosigma hippocampus und balticum übereinstimmen. Dieselben zeigen also beim ersten Anblick und schon unter einer sehr mässigen Vergrösserung ausschliesslich oder vorwiegend (G. formosum) Längs- und Querstreifen, und ihre Zeichnung löst sich dem Anschein nach in die durch diese Linien gebildeten Vierecke auf. Ausser den erwähnten Arten gehören hierher von den bekannteren noch die in früherer Zeit als Testobjekte gerühmten G. Spenceri, attenuatum, cuspidatum, acuminatum und viele Andere, so dass für das eigentliche Genus Pleurosigma nur wenige Arten übrig bleiben, unter denen vielleicht nur eine, wahrscheinlich bis jetzt noch unbeschriebene, Süsswasserspecies sein dürfte.

Betrachtet man eine Gyrosigma bei nicht starker Vergrösserung und bei gerader oder schiefer Beleuchtung, so sieht man in der That (wenn wir die grösste hierhergehörige Form G. formosum vorläufig ausnehmen) nur die der Längsachse parallelen und die queren auf ersteren rechtwinklich stehenden Streifen, wie dies in Fig. I bei a von Gyrosigma balticum dargestellt ist. Die Skulptur dieser Diatomeen zeigt aber bei genauerer Betrachtung noch weiteres Detail, welches in den bis jetzt mir zugänglichen Beschreibungen und Abbildungen vollständig übergangen ist.

Bei einer guten Vergrösserung von 400 und darüber sieht man nicht mehr einfach die oft beschriebenen Vierecke, sondern man

erkennt, dass die Kreuzungspunkte der Linien wie verdickte Knoten vorstellen.

Stellt man bei centrischem oder noch besser bei ganz geradem Lichte sehr genau ein, so sieht man, dass diese Knoten nichts sind als kleine dunkele (schwarze) gegen die Längsachse schief gestellte Vierecke, welche weisse, eben so kleine Vierecke schachbrettartig zwischen sich fassen: wie dies (Fig. I b) bei einer Vergrösserung von 560 (Rapport des Objektivs 56) darstellt. In der Fig. V haben wir dasselbe Bild bei einer etwa 3000 maligen Vergrösserung, mit centrischem divergirendem Lichte dargestellt. Die Linie a b ist der Rand der Schaale.

Wir sehen also sowohl die Längslinien als die Querlinien bestehen aus Reihen von dunkeln Quadraten, die mit den Winkeln aneinander stossen. Sie erscheinen als Linien nur durch Ineinanderfliessen bei ungenügender Definition. Die Vierecke, welche bisher bei den Gyrosigmen beschrieben waren, und die in Fig. I a dargestellt sind, existiren nicht, sie verdanken ihre Entstehung nur einer Irradiation der weissen Felder, während die schwarzen, nur an ihren breitesten Stellen, und hier zu Linien ineinander fliessend gesehen wurden. Wenn man unsere Fig. V in sehr grosser Entfernung (für mein Auge etwa 5—6 Meter) betrachtet, so erhält man die Vierecke von Fig. I a. Es existiren also auf der Gyrosigma eigentlich keine geraden Linien sondern nur schiefe sich durchkreuzende Begränzungen der Vierecke.

Betrachtet man dies Schachbrett der Gyrosigma bei centrischem Licht, genügender Vergrösserung aber entweder bei ungenügend definirendem Objektiv oder bei zu ferner Einstellung, so sieht man den Effekt der entstehenden noch unvollständigen Irradiation. Das Weisse vergrössert sich nach allen Richtungen auf Kosten des Schwarzen. Die schwarzen Felder rücken zuerst auseinander, berühren sich nicht mehr, ihre Ecken runden sich ab und bald erscheinen sie wie lauter rundliche dunkele Flecken in weissem Felde. Unter diesen Bedingungen (man vergleiche für die weiteren Beweise die folgende Arbeit über die angeblichen Sechsecke der bilateralen Diatomeen) entstehen die Bilder, welche z. B. bei Gyrosigma Spenceri zu der Annahme führten, dass ein gutes Mikroskop die Zeichnung in lauter dunkle runde Punkte auflösen müsse, wie man dies von Quekket in seinem bekannten Werke über das Mikroskop abgebildet findet, derselben Täuschung mag wohl die sonderbare Abbildung ihren Ursprung

verdanken, welche Hogg (the Microscope fifth edit. Fig. 313) von Gyrosigma formosum gibt.

Anders gestalten sich die Verhältnisse bei schiefem Lichte.

Schwach schiefes Licht in der Richtung der Längsachse gibt bie einer Vergrösserung von 500—700 die Fig. II. Man sieht noch gut die dunkeln Vierecke aber die Ecken sind nicht mehr ganz scharf, sie sind wie verlängert und fliessen mehr ineinander, so dass die weissen Vierecke sich schon etwas mehr abrunden. Dabei ist die vom Licht abgewendete Hälfte der schwarzen Vierecke dunkler als die andere Hälfte.

Fig. III stellt ein analoges Verhalten dar bei schwach schiefem gegen die Achse rechtwinklich gerichtetem Lichte.

Dreht man aber das Objekt um 45 Grad, so dass das Licht in einer den Begränzungen der Vierecke mehr parallelen Richtung einfällt, so sieht man, wie dies Fig. IV zeigt, zunächst schiefe Linien in der Richtung des untergestellten Pfeiles mehr hervortreten, und diese schiefen Linien sind schwärzer als die übrigen Begränzungslinien. Bei einer Drehung um 180 Grad treten dieselben Linien in entgegengesetzter Richtung auf.

Stellt man das Licht in der oben angegebenen Richtung, aber noch schiefer ein, so erscheint bei stärkerer Vergrösserung das Bild, welches in Fig. VI auf der linken Seite der Linie a a wiedergegeben ist. Die Vergrösserung ist dieselbe wie in Fig. V Man sieht die Erscheinung aber schon sehr schön bei 900 bis 1000facher Vergrösserung. Rechts von der Linie a a Fig. VI sieht man schematisch die Entstehung des Bildes angedeutet, wie es sich allmählig beim Uebergang aus dem geraden ins schiefe Licht herausstellt. Die äusserste Reihe rechts, sind die dunkeln Vierecke bei nahezu geradem Lichte gesehen. Indem es in der zweiten Reihe schiefer wird, verschmälert es die seiner Richtung parallele Dimension der dunkeln Körper und lässt die hellen Flächen irradiiren. Die Vierecke, deren wahre Contouren noch durch einfache Linien in der Zeichnung angedeutet sind, erscheinen unter dem Mikroskop jetzt nur noch in der Gestalt des schwarzgezeichneten Feldes. Das Weisse ist breiter auf Kosten des Schwarzen. Wird das Licht noch etwas schiefer, so haben wir wahre und nahezu regelmässige Sechsecke, wie sie links von a a nach der Natur gezeichnet erscheinen; das schwarze Feld wird so schmal, dass es nur noch als Contour des Weissen erscheint; Letzteres sucht sich nach allen Richtungen aus-

zudehnen. Unmittelbar neben dem dunkeln Felde muss der subjektive Eindruck dem objektiven unterliegen, welcher zeigt, dass schwarzes und weisses Viereck, wo sie aneinander stossen, doch nur eine und dieselbe Höhe haben. Je mehr wir uns aber gegen die Mitte des Weissen von der Gränze des Schwarzen entfernen, um so ferner liegt die unmittelbare Vergleichung beider Felder, und um so mehr siegt die subjektive Verbreiterung über die objektive Form: das weisse Feld scheint gegen seine Mitte zu immer mehr und mehr an Höhenausdehnung zu gewinnen und nimmt von der Mitte an in demselben Maasse wieder an Höhe ab, wenn es sich dem folgenden schwarzen Felde nähert. Die weissen Felder müssen auf diese Weise sechseckig werden, und diese Sechsecke erhalten schwarze Contouren, weil der Augenschein zeigt, dass doch auch zwischen den schwarzen Zwischenräumen eine Communikation besteht, und dass weisse Felder nirgend unmittelbar aneinanderstossen. Unsere Zeichnung zeigt die den Scheitelwinkel der Sechsecke einschliessenden Contouren auf der rechten Seite etwas breiter und stärker als auf der linken. Dies kommt daher, dass wider meinen Willen das Licht, das genau in der Richtung des Pfeiles b einfallen sollte, etwas mehr in der Richtung der punktirten Linie c abwich. Eine noch weitere Abweichung in dieser Richtung kann endlich die hier schmäleren Linien so viel schmäler machen, dass sie ganz übersehen werden und von den Sechsecken nur die Zickzacklinien gg′, gg′, gg′ in anscheinend weissem Felde übrig bleiben. Das Analogon hiervon ist ebenfalls schon bei einigen Gyrosigmen als reelle Erscheinung beschrieben worden und wir werden diese Art der Gesichtstäuschung in der folgenden Abhandlung erläutern.

Wir haben uns in der vorstehenden Arbeit des Ausdruckes »schiefe« Beleuchtung nicht ganz ausschliesslich im gewöhnlichen Sinne bedient. Gewöhnlich versteht man unter »schiefer« Beleuchtung nur die Beleuchtungsweise, bei welcher das Licht den auf dem Objekttische ausgebreitet gedachten Gegenstand in einer zur Achse des Mikroskops schiefen Richtung erreicht. Man begreift aber, dass in Betreff der hier besonders berücksichtigten Irradiationswirkungen der Effekt derselbe sein muss, wenn das Licht gerade durch das Rohr des Instrumentes geht, das Objekt aber nicht rechtwinklich zur Lichtrichtung, sondern in einer schiefen Ebene liegt. Wenn das Objekt eine gewölbte Diatomeenschaale ist, die centrisch beleuchtet wird, so fällt das Licht, das eine ihrer Seiten beleuchtet,

relativ schief auf den Gegenstand und wird daher in Betreff der Irradiation alle Nachtheile schiefen Lichtes haben, während das auf der Tangente dieser Stelle rechtwinkliche, also dem Sprachgebrauch nach nothwendig »schiefe« Licht, das eigentlich »gerade« ist. Jede Zone einer stark gewölbten Diatomee, bedarf daher einer andern Lichtrichtung, damit sie gerade und am besten beleuchtet werde, und dadurch erklärt sich der Widerspruch zwischen den Ansichten derer, welche für schwierige Gegenstände entweder centrales oder schiefes Licht vorziehen. Beide suchen das gerade Licht, aber die fixirte Zone des Objektes kann in unendlich verschiedenen Ebenen liegen.

Andererseits begreift man, dass man an Diatomeen, die angeblich mit »geradem« Lichte beleuchtet sind, an den verschiedenen Zonen alle möglichen Wirkungen des »schiefen« Lichtes, aber nur bei ausnahmsweise günstiger Lagerung und selten an nicht zerbrochenen und dadurch abgeplatteten Objekten, die des geraden beobachten kann.

Ueber die angeblichen Sechsecke der bilateralen Diatomeen und insbesondere der Pleurosigma angulatum.

Von

M. Schiff.

Hierzu Taf. XVI Fig. 1—11.

Nachdem ich bei der Gyrosigma offenbare Vierecke durch fehlerhafte Beleuchtung allmählich in Sechsecke sich verwandeln sah, und diese Umwandlung in allen Stadien verfolgen konnte, nachdem ich bei der Grammatophora schon vor zwei Jahren die Quadrate durch absichtlich hervorgerufene Aberrationen sich zu Sechsecken umgestalten gesehen, die mit denen der Pleurosigma die grösste Aehnlichkeit hatten; mir dieses Jahr derselbe Versuch noch viel evidenter an einer grossen, grobgezeichneten Varietät der Grammatophora gelungen war, lag die Frage sehr nahe, ob die Sechsecke der Pleurosigma, trotz ihres deutlichen Auftretens nicht einer ähnlichen Verzerrung von Vierecken ihren Ursprung verdanken. Diese Frage findet sich um so eher gerechtfertigt, als ich in meinen früheren Untersuchungen über

Testobjekte (Moleschott's Zeitschrift IX pag. 14) einen auffallenden Umstand nicht recht erklären konnte, welcher mit der von mir adoptirten Ansicht, dass die Körperchen der Pleurosigma Sechsecke seien, in grellem Widerspruch stand. Ich gab dort bereits an, dass mit meinen besten stärkeren Objektiven die Körperchen nicht sechseckig sondern viereckig erscheinen, hielt dies aber für eine Täuschung dadurch bewirkt, dass, wie ich auf andere Wahrnehmungen gestützt damals glauben durfte, die Spitzen der Sechsecke in eine Furche herabgebogen seien. Auffallend und unerklärt war es mir aber, dass man mit diesen Objektiven weder die Furche noch an ihrer Stelle eine Lücke sah.

Ich hatte damals, so vielen andern Thatsachen gegenüber, welche für die Existenz der Sechsecke zu sprechen schienen, viel zu wenig Werth auf diese eben erwähnte Beobachtung gelegt. Jetzt aber, wo ich reicher an Erfahrung und an optischen Hülfsmitteln nochmals die erwähnte Frage vornahm, hat sich der Widerspruch auf eine für mich allerdings nicht sehr schmeichelhafte Weise gelöst. Es haben sich zwar alle von mir angegebene Thatsachen bis ins kleinste Detail in palpabeler Weise bestätigt, aber ich sehe mich genöthigt, alle meine Deutungen derselben und somit alle meine Folgerungen über die Skulptur der Pleurosigma, bis auf eine einzige, vollständig zu widerrufen und zurückzunehmen.

Zunächst habe ich mir seitdem auch sehr gute Objektive aus Amicischen Linsen verschafft, die einen tieferen Fokus besitzen als meine früheren und habe stets bestätigen müssen, dass sich mit den besten Objektiven der im Fokus befindliche Theil der Pleurosigma so zeigt, wie es Seite 15 meiner erwähnten Abhandlung abgebildet ist. Nur die schwarzen Vierecke waren oft etwas breiter, wenn das Licht ganz central auffiel, und je breiter sie waren, um so weniger scharf war der dunkle Fleck (b. b. der citirten Figur) ohne eine kleine Veränderung an der Mikrometerschraube zu sehen. Gegen die Ränder zu zeigte sich aber immer der Uebergang zum Sechseck, wenn die Mitte eingestellt war, und umgekehrt erschienen in der Mitte oft Sechsecke, wenn ich nur den Rand deutlich sah.

Sehen wir aber von allen vorgefassten Meinungen ab, welche die Bekanntschaft mit anderen klareren Objekten verwandter Natur bei uns erwecken könnte, so dürfte es ohne weiteren Beweis als eine willkührliche Deutung betrachtet werden, wenn ich von den beiden hier sich bietenden Formen, nur die eine als die wahre und die

andere als Kunstprodukt hinstelle. Die Ueberzeugung, welche dem nur einigermassen geübten Auge die ganze Erscheinungsweise des mikroskopischen Bildes bietet, ist doch immer nur eine subjektive, und in Betracht der vielen andern Verhältnisse, welche hier dennoch zu Gunsten der Sechsecke reden, ist um so mehr darauf zu dringen dass diese Ueberzeugung auch objektiv begründet werde.

Es fragt sich also, ob es nachzuweisen ist, dass unter gewissen beim mikroskopischen Sehen sich einstellenden Bedingungen die Schachbrettform, wie wir sie bei Pleurosigma als wirklich vorhanden annehmen, das Bild von Sechsecken, von schiefen Linien u. s. w. in der Weise geben könne, wie sie häufig bei der erwähnten Diatomee beschrieben ist, und ob andererseits, wenn wirklich Sechsecke vorhanden wären, aus ihnen nicht eben so gut die Vierecke und die übrigen bekannten Erscheinungen als optische Täuschungen hervorgehen könnten.

Die Hauptverhältnisse, welche hier in Betracht kommen, sind die Aberrationen durch die optischen Mittel, und die schiefe Stellung der gewölbten Theile der Diatomeenschaale zur optischen Achse. Letztere ist das Hauptmoment, wie aus dem Umstand hervorgeht, dass mit kräftigem Druck plattgedrückte Fragmente der Schaale nur noch die Vierecke aber selbst an den Seitentheilen keine Sechsecke mehr zeigten, so lange sie sich in der Mitte des Gesichtsfeldes befanden.

Fig. 1. Ich fertigte mir auf sehr weissem Papier eine scharfe Schachbrettzeichnung in der Grösse und in der Form an, wie sie Fig. 1 zeigt. Dieselbe wurde auf einer steifen Karte aufgeklebt und an einem beweglichen Träger befestigt, so dass sie an einem Arm auf und abgeschoben und ausserdem sowohl in vertikaler als horizontaler Richtung beliebig um sich selbst rotirt werden konnte.

Mit einer solchen Zeichnung, welche ein Stück Pleurosigma in kolossalem Maasse darstellen sollte, mussten auch alle übrigen Verhältnisse exaggerirt werden. Als Linse benutzte ich die grosse Beleuchtungslinse Oberhäusers, von welcher ich mein Auge etwa 1 Dezimeter entfernt hielt. Es kann aber natürlich zu diesen Versuchen jede andere grosse Linse benutzt werden. Um die schiefe Stellung des Objekts gegen die Sehachse hervorzurufen, wurde die Karte, mit dem Viereck a nach oben gerichtet, etwa unter einem Winkel von 150 von der vertikalen Richtung abweichend, unter die horizontal gestellte Linse gehalten, und allmälig stets in dieser

Stellung verbleibend von oben nach unten verrückt. Innerhalb der Linse waren noch mit geringen Verzerrungen die Vierecke deutlich sichtbar.

Fig. 2. Kaum aber hatte die Karte die Entfernung von 5.2 Centim., also die Fokaldistanz, einigermassen überschritten, zeigte sich eine eigenthümliche Verwandlung des vergrösserten Bildes. Es wurde wie in Fig. 2, die weissen Felder werden viel breiter als die schwarzen, von denen nur ein Band und ein Schatten übrig bleibt. In der Richtung der Linie b b ist die Gränze zwischen den Quadratreihen verwischt. In der Richtung von a a′ tritt aber diese Gränze sehr scharf und anfangs als schwarze Linien hervor. Entfernt man das Objekt noch etwas mehr, so scheinen die in der Richtung a a′ gelegenen Quadratreihen sich immer mehr von einander zu entfernen, an die Stelle der dunklen Gränzlinien tritt eine Kluft, die bloss durch schiefe Verbindungslinien zwischen den einzelnen verschmälerten Resten der zu schmalen Bändern gewordenen schwarzen Quadrate erfüllt wird. Die einzelnen von einander sich entfernenden Quadratreihen wölben sich plastisch in die Höhe, und wir haben ein Bild, welches ganz das Analogon zu der Erscheinungsweise der Pleurosigma ist, wie sie sich bei ungenügender Vergrösserung und bei in der Richtung der Querlinien auffallendem Lichte darstellt, und wie ich es im Testaufsatz pag. 7 beschrieben habe. Die tiefen Querfurchen bilden eine unerwartete und sehr auffallende Erscheinung.

Fig. 3. Entfernt man die Karte noch etwas weiter nach unten, so werden die Zwischenräume zwischen den Reihen a a′ noch grösser, aber sie verlieren den Anschein einer Vertiefung, die schwarzen Quadrate werden immer schmäler und wir haben bei einer Entfernung von 8 Ctm. von der Linse endlich die Fig. 3, d. h. unregelmässige Sechsecke mit dem Vorwalten einer der schiefen Linien. Diese Figur ist nicht unsere Grundfigur, sondern einem Schachbrett entnommen, welches auf jeder Seite ein schwarzes Viereck weniger hatte. Das Vorwalten einer scharfen Linie rührt daher, dass der Zeichner nicht ganz genau, wie er hätte thun sollen, in der Richtung des Pfeiles und in der Richtung der Linien a a′ hinblickte.

Fig. 4. Unsere Grundfigur I unter denselben Bedingungen gäbe die Fig. 4. Man hat also halb so viel Sechsecke als wirklich Quadrate vorhanden sind, da die schwarzen Quadrate verschmälert in den scheinbaren Rändern der weissen Felder aufgehen. Die Sechsecke zeigen hier allerdings die Spitzenwinkel etwas abgestumpft,

aber man begreift, dass eine solche Abstumpfung ganz unmerklich wird, wenn es sich um wirklich mikroskopische Objekte handelt.

Fig. 5. Ahmt man nun, indem man sonst alles unverändert lässt, die Drehung des Objekttisches dadurch nach, dass man die Karte um sich selbst ein wenig nach links dreht, so entsteht Fig. 5. Der Blick streift über das Object in der Richtung des Pfeiles. Man hat eine der gebrochenen schiefen Linien. Die schwarzen Felder zweier Reihen berühren sich nicht mehr. Nur ein schwach angedeuteter Schatten ergänzt noch die Sechsecke.

Fig. 6. Dreht man in der angegebenen Richtung das Object etwas mehr, so hört dieser Schatten auf, die schiefen Linien werden gestreckter, man hat Fig. 6. Diese Figur ist derselben Grundfigur entnommen wie Fig. 3.

Fig. 7. Dreht man noch weiter bis zu 45° abweichend von der Stellung der Fig. 4, so hat man aus unserer Grundfigur 1 das Bild Fig. 7. Es sind schiefe Linien. Die Knoten entsprechen den schwarzen Quadraten. Von den Contouren der weissen wird nichts mehr unterschieden. Dreht man von Fig. 4 an um 45° nach der entgegengesetzten Seite, so hat man andere Reihen scharfer Linien, welche die Richtung der hier gezeichneten rechtwinklich schneiden.

Bisher war unsere Figur fast vertikal gestellt, und nur etwa 15° gegen die Sehachse geneigt, wie dies den gewöhnlichen Verhältnissen der Schaale der Pleurosigma entspricht.

Fig. 8, 9. Neigt man aber die Figur in der Stellung und Entfernung von Fig. 7 etwa um 25—28° gegen die Sehachse, so wird sie zu Fig. 8. Ein Analogon dieser Figur kenne ich bei Pleurosigma noch nicht, wohl aber bei Gyrosigma formosum, dessen Schaale ein weniger scharfkantiges Dach bildet und nähert man Fig 8 (d. h. die Grundfigur in der entsprechenden Stellung) wieder dem Auge um 3—4 Centim., so wird sie Fig. 9, die ebenfalls bei den grössern Gyrosigma beobachet werden kann, und die ich auch bei einer grossen Grammatophora einmal zu Gesichte bekam.

Fig. 9b. Eine entsprechende Form aus der Schachbrettfigur, welche der Fig. 3 und 6 zu Grunde liegt, ist Fig. 9b. Hier sieht man deutlich, wie an dem korrespondirenden Bilde des Gyrosigma attenuatum, dass die Hälfte des Kolbens, d. h. des verwandelten schwarzen Quadrates heller und die andere Hälfte dunkler ist.

Bisher haben wir einige Erscheinungen betrachtet, welche von der Irradiation hervorgerufen werden, wenn das Object sich der verti-

kalen Stellung nähert. Erscheinungen, die um so ausgebreiteter hervortreten müssen, je mehr das Objectiv an Astigmatismus leidet.

Fig. 10, 11. Geben wir aber jetzt unserm Schachbrett eine fast horizontale oder nur wenig geneigte Stellung unter der Linse und bringen es aus dem Fokus heraus entweder dem Auge zu nahe oder entfernen wir es zu viel, so werden wir die Erscheinungen gewahren, welche die bilateralen Diatomeen bei Hebung oder Senkung der Schraube zeigen. Die weissen Quadrate irradiiren von allen Seiten in die schwarzen und im Beginn dieses Prozesses haben wir Fig. 10, in welcher auf Kosten der schwarzen Quadrate und um dieselben ein grauer Rand entsteht. Je weiter wir aus der Fokaldistanz treten, um so mehr rücken die schwarzen Felder sich verkleinernd auseinander, dabei verlieren sie die viereckigen Contouren, sie werden rund und es entsteht Fig. 11 und endlich verschwinden die grauen Zwischenstreifen und es bleiben nur die runden schwarzen Flecke übrig, es entsteht das Bild, welches Hall von der Pleurosigma zeichnet.

Ich besitze noch eine Reihe anderer Zeichnungen, welche meine Grundfigur No. 1 bei verschiedenen Stellungen und Beleuchtungen giebt und die ihr Analogon bei der Betrachtung der Diatomeen finden und welche unter Anderm erläutern, unter welchen Bedingungen zwei sich kreuzende Reihen von schiefen Linien auftreten, von denen, je nach einer schwachen Drehung, bald die eine, bald die andere dunkler und stärker ist, und wie man selbst an der Schachbrettfigur die Erscheinung hervorrufen kann, die ich pag. 15 meiner Abhandlung über Testobjecte von der Pleurosigma beschrieben, dass nämlich der schwarze runde Fleck auch neben den queren Zickzacklinien erscheint.

Man begreift schon aus der Theorie der Irradiationsformen, und die Erfahrung hat es mir bestätigt, dass, wenn man sich ein Schema von Sechsecken zeichnet, man unter allen den angeführten Bedingungen ausser den Sechsecken selbst, keine der Figuren wiederfinden kann, die uns bei der Untersuchung der Diatomeen entgegentreten.

Die hier mitgetheilten Beobachtungen bedürfen keines Commentars. Die Zeichnungen auf der Pleurosigma, Gyrosigma, Frustulia und Grammatophora können nur als Vierecke betrachtet werden, wie ich dies von der Grammatophora bereits abgebildet habe. Auf Frustulia (Navic. Amicii und crassinervia) komme ich später zurück.

Gyrosigma unterscheidet sich von Pleurosigma dadurch, dass bei Pleurosigma die Vierecke so geordnet sind, dass die Längsachse der Schaale in die Richtung der Linie a a' unserer Fig. 1 fällt. Bei Gyrosigma fällt dagegen die Längsachse in die Richtung der Linie 2, 2'. Die Vierecke stehen daher bei Gyrosigma schief gegen die Längsachse, bei Pleurosigma aber gerade. Bei Grammatophora bilden die äusseren Felder, d. h. die zwischen Rand und Vitta, an denen die Zeichnung besonders markirt ist, nicht eine schiefe Wölbung, sondern eine schiefe Ebene. Die Irradiation des Weissen über das Schwarze kann sich also besonders gut geltend machen.

Unsere nach den vorstehenden Untersuchungen gewonnene Ansicht über die wahre Form der Felder bei Pleurosigma würde somit alle die an dieser Diatomee gefundenen und beschriebenen Erscheinungen erklären können. Nur eine einzige öfters wiederholte Angabe haben wir auszuschliessen, die nämlich, dass je nach der Einstellung die Felder bald dunkel mit hellem Rand, bald hell mit dunkler Begränzung erscheinen sollen. Wir haben diese Angabe trotz eifrigen Suchens mit verschiedenen optischen Combinationen an der Pleurosigma selbst nie bestätigen können, und halten sie auch nicht für das Produkt einer optischen Täuschung, deren Bedingungen theoretisch oder experimentell doch aufzufinden wären, sondern für das Produkt eines Beobachtungsfehlers. Man hat vermuthlich die schwarzen Punkte unserer Fig. 11, die beim Heben oder Senken des Objekts auftraten, mit den nebenanliegenden weissen Zwischenräumen, deren bestimmte Umgränzung beim Verändern der Fokaldistanz verschwindet, verwechselt. Nur wenn man das Objekt um 180° dreht, wird aus leicht begreiflichen Gründen (vergl. meinen Testaufsatz pag. 15), das früher Weisse schwarz und umgekehrt.

Dass die abwechselnd weisse und schwarze Färbung der Quadrate unserer Diatomeen wirklich ihren Grund in einer totalen Reflexion auf einer Seite des Prisma findet, habe ich jetzt ebenfalls durch ein Schema aus Glas erläutert und bewiesen. Ich liess mir durch Herrn Donati, Prof. der Astronomie an unserm Institute, eine Anzahl möglichst kleiner (1/2 Centim. und weniger lang) dreikantiger gleichseitiger Prismen aus Flintglas anfertigen. Dieselben wurden auf einen dünnen Objektträger mit einer Kante nach oben so nebeneinander gelegt, wie es nach meiner Auffassung die

Prismen der Pleurosigma und Grammatophora sind, und unter dem Mikroskop bei schwächster Vergrösserung bei dem durchfallenden Licht eines Conkavspiegels betrachtet. Es entstand das schönste Schachbrett aus klaren, hellen und tief schwarzen Feldern. Gab man dem Objectträger eine etwas schiefe abschüssige Lage, so entstanden selbst Sechsecke, ähnlich denen in unserer Fig. 3.

Im 8. Bande des Quarterly Journal of microscopical science London 1860, Transactions Fig. 142 hat Dr. Wallich schon versucht, die viereckige Gestalt der Pleurosigmenzeichnung zu vertheidigen. Wer die von ihm angeführten Argumente mit den Beobachtungen vergleicht, die mich zu derselben Ansicht geführt haben, wird erkennen, dass zwischen Wallichs Arbeit und der vorliegenden kaum irgend eine Verwandtschaft besteht.

Ich füge hinzu, dass ich auch bei Pleurosigma delicatulum meine Beobachtungen ganz und gar bestätigt gefunden habe.

Ich benutze diese Gelegenheit, Herrn Dr. Rabenhorst in Dresden meinen herzlichen Dank für die Bereitwilligkeit auszusprechen, mit welcher er mir eine beträchtliche Anzahl von Diatomeen überliess, welche sowohl für diese als für einige vielleicht später zu veröffentlichende Untersuchungen benutzt wurden.

Ueber einige in der Erde lebende Amöben und andere Rhizopoden.

Von

Dr. Richard Greeff,
Privatdocenten in Bonn.

Hierzu Taf. XVII und XVIII.

Eigentliche Amöben sind bekanntlich bis jetzt bloss im süssen Wasser und im Meere gefunden worden und es schien in der That, als ob das Wasser das alleinige passende Medium sein müsste, in dem diese Organismen die Bedingungen ihrer Existenz finden könnten. Der zarte, von keiner Umhüllung oder von sonstigen Anhangsgebilden geschüzte Leib, der Mangel besonderer äusserer Bewegungsorgane, die bloss durch die wechselvollen Contractionen und Hervorschiebungen der eignen Leibessubstanz ersetzt werden, die dem vollkommen entsprechenden langsam kriechenden Bewegungen durch den weichen Bodensatz und Schlamm der Gewässer oder an den feinen Algenfäden und anderen Wasserpflanzen, die von der Oberfläche in die Tiefe hinabreichen, ferner die eben durch das Leben im Wasser beträchtlich verminderte Gefahr einer häufigen Austrocknung etc., das Alles schien für ein ausschliessliches Vorkommen dieser Thierchen im Wasser zu sprechen. Um so mehr überraschte es mich daher, als ich nun schon vor längerer Zeit auch in der Erde, im trocknen Sande Thiere antraf, die alle wesentlichen Charaktere der Wasser-Amöben an sich trugen und ausserdem so mancherlei merkwürdige und ausgeprägte Eigenthümlichkeiten boten, dass ich ihnen seitdem eine genauere Beobachtung zugewendet habe. Ich habe dabei nicht bloss mehrere neue und, wie mir scheint, interessante Arten der Gattung Amöba, sondern auch andere Rhizopoden auf-

gefunden, und konnte ferner auch einige bisher noch mehr oder minder zweifelhafte Punkte bezüglich des Baues und der Fortpflanzung der Amöben wegen des hierfür äusserst günstigen Materiales eingehender untersuchen und will nun das bisher darüber Beobachtete in Folgendem mittheilen, indem ich mit der Beschreibung der einzelnen Thiere und dessen was ich bei jedem über Vorkommen, Bau und Lebenserscheinungen Genaueres habe ermitteln können, beginne.

I. *Amoeba terricola.* nov. spec.
(Taf. XVII, Fig. 1—11.)

Das Thierchen, das ich mit diesem Namen belegen möchte, wird man wohl schwerlich beim ersten zufälligen Begegnen als eine Amöbe oder überhaupt als ein belebtes Wesen erkennen. Untersucht man nämlich Erde oder Sand, in denen solche Amöben vorkommen, unter Wasser auf einer Glasplatte zertheilt bei schwacher Vergrösserung, so trifft man hin und wieder auf eigenthümliche zerklüftete Körper, die mit mancherlei anscheinend durchaus starren und stumpfen Fortsätzen und tiefen Einbuchtungen versehen sind und die einem unregelmässig gestalteten Kieselstückchen überaus ähnlich sehen, zumal jene Körper ebenfalls ein matt glasartiges Aussehen haben und anscheinend regungslos daliegen, so dass man wie gesagt, anfänglich wenn man nicht auf die Erscheinung vorbereitet ist, wohl stets dieselben als Sandkörner u. dergl. an dem Auge wird vorbeipassiren lassen, ohne ihnen eine weitere Beachtung zu schenken. Bei häufigerem Begegnen wird es indessen auffallend, dass fast stets im Innern dieser Körper lebhaft gelb oder braungelb gefärbte Körner eingelagert sind und das veranlasste mich zuerst zu einer genaueren Betrachtung, wobei ich denn sehr bald die überraschende Beobachtung machte, dass diese gelben Körner im Innern ihres Trägers keineswegs fest lagen, sondern meist in ziemlich lebhafter Bewegung begriffen waren und strömend bald nach dieser, bald nach jener Seite hin getrieben wurden. Indem ich nun das fragliche Object isolirte und unter dem Drucke eines Deckgläschens bei stärkerer Vergrösserung beobachete, war natürlich sehr bald die Natur desselben erkannt. Verweilen wir indessen noch einen Augenblick bei der ohne äusseren Druck frei auf der Glasplatte unter Wasser suspendirten Amöbe (Taf. XVII, Fig. 1) wie ich sie eben dem ersten Anblick nach beschrieben habe, so muss es von vornherein den im

Wasser lebenden Amöben gegenüber als eine Eigenthümlichkeit unserer Thierchen hervorgehoben werden, dass dieselben in ihren Bewegungen sich wesentlich anders verhalten, wie jene, was auch hauptsächlich das Erkennen desselben erschwert. Die Wasser-Amöben schmiegen sich bekanntlich mit ihrem weichen Sarkodekörper an die unterliegende Glasplatte und breiten sich über dieselbe aus, indem sie ihre stets wechselnden Fortsätze darüber hinstrecken. So gleiten sie gewissermassen fliessend über die glatte Glasfläche hin. Anders die Amöben der Erde: ihr Körper, besonders die hyaline Aussenschicht ist von einer viel festeren zäheren Consistenz, die Contractionen sind viel kräftiger, so dass hieraus die unregelmässige nach allen Seiten hin eingebuchte und mit höckerartigen Fortsätzen versehene Gestalt entsteht wie ich eine solche Taf. XVII, Fig. 1 abgebildet habe. Die Fortsätze von Amoeba terricola fliessen nicht über die Glasfläche sich derselben anschmiegend hin, sondern vermöge ihrer Festigkeit und Kraft erheben sie sich meist über die Oberfläche derselben und stützen sich mit ihren Enden auf ihre Unterlage, so dass also, wie ersichtlich, ihre Bewegungen im Gewöhnlichen keineswegs kriechend genannt werden können, sondern indem z. B. ein nach Oben gerichteter Fortsatz durch das einströmende Innenparenchym das Uebergewicht erhält, stürzt er mit dieser Seite nach Unten, aber ohne dadurch abgeplattet zu werden oder sich auszubreiten, sondern nur um mit seiner starren Spitze einen neuen Stützpunkt zu bieten. So geht die mehr rollende Bewegung voran, indem das Thierchen ruck- oder stossweise von diesen Fortsätzen auf jene fällt. Ausnahmsweise trifft man freilich auch Individuen, die sich durch eine besonders lebhafte Bewegung auszeichnen, so dass dann die gewöhnlich vielfach zusammengezogene unregelmässige Gestalt zeitweise in eine mehr in die Länge gestreckte übergeht, indem der ganze Strom des Innenparenchyms nach einer Richtung hin vorangedrängt wird. In der Regel aber werden die Bewegungen in dieser Weise verändert, wenn man das Thierchen statt isolirt im Wasser, vielmehr in seinem gewohnten Medium von Erd- und Sandkörnern umgeben verfolgen kann. Durch den hierdurch erzeugten mehrseitigen Gegendruck und die vermehrten Stützpunkte können die Bewegungen rascher und kräftiger ausgeführt werden und nehmen auch mehr eine bestimmte Richtung ein, indem die breiten Fortsätze durch die vorhandenen Lücken sich durchdrängen. Die ganze Energie und Schönheit der Bewegung

entfaltet sich aber erst, wenn man das Thierchen vermittelst eines Deckgläschens unter Wasser einem mässigen Drucke aussetzt (Taf. XVII, Fig. 2 und 3). Anfänglich, wenn das Deckplättchen aus geringer Höhe und gewissermassen unvorbereitet auf die Amöbe niederfällt, unterliegt sie der Wucht und wird alsbald auf der unterliegenden Glasplatte in dünner Schicht ausgebreitet und für wenige Augenblicke regungslos hingestreckt, so dass sie den Anschein eines durch übermässige Compression zerdrückten Objektes bietet. Bald aber erwacht aufs Neue die innewohnende Lebens- resp. Contractionskraft und sucht dem ungewohnten Drucke von allen Seiten entgegen zu arbeiten. Die anfangs bei dem niedergedrückten Thiere einfachen äusseren Contouren runzeln sich allmählig und rollen sich auf indem sie sich fort und fort wellen- und wulstförmig von der Peripherie gegen das Centrum vorschieben. Zahllose Linien und Falten laufen sich vielfach kreuzend über die Oberfläche hin und nach kurzer Zeit hat die Zusammenziehung durch bedeutende Verkleinerung des vorherigen Umfangs ein gewisses Maximum erreicht, das sich natürlich immerhin nach der Stärke der angewandten Compression richtet [1].

Dieses erste gleichmässige von der Peripherie nach dem Centrum gerichtete Zusammenströmen, das den auf dem Rücken lastenden Druck zu heben sucht, ist aber nur die Vorbereitung, gewissermassen die Sammlung der Kraft für die nun folgenden lebhaften Bewegungen. Wie ein Strom ergiesst sich nämlich jetzt, nachdem auf der Höhe der Contraction ein kurzer Stillstand eingetreten ist, der ganze Leibesinhalt der Amöbe in breiter Bahn nach vorwärts gegen die Peripherie andrängend, während zu gleicher Zeit auf der entgegengesetzten Seite die Contractionen sich verstärken und concentriren, um so unaufhaltsam die Leibessubstanz von Hinten nach Vorne in die einmal eingeschlagene Bahn nachzuschieben (siehe Fig. 2 etc.). Zuweilen theilt sich dieser eine die ganze Körperbreite umfassende Fortsatz in zwei, bald indessen gewinnt wiederum die einfache Bahn die Oberhand und eilt, wie um sich von dem ungewohnten Joche zu befreien, mit grosser Lebhaftigkeit voran. Bei dieser Vorwärtsbewegung lassen sich nun, da die Amöbe durch den Druck immer hinreichend comprimirt ist, um einen vollständigen

1) Man kann diesen Druck stets leicht verstärken oder verringern dadurch, dass man entweder Wasser zufliessen lässt oder mit einem Stückchen Fliesspapier abzieht.

Einblick ins Innere zu gewähren, am besten auch die Eigenthümlichkeiten des Baues beobachtete.

Wie aus der obigen Beschreibung schon hervorgeht, zeichnet sich die Leibessubstanz oder das Protoplasma von A. terricola, besonders dem weichen Protoplasma der Süsswasser-Amöben gegenüber durch eine weit dichtere und festere Consistenz aus, wodurch auch, wie oben erörtert, der beträchtliche Unterschied in der äusseren Form und den Bewegungen hervorgebracht werden. Diese grössere Dichtigkeit betrifft indessen hauptsächich nur die äussere hyaline Schicht und das führt uns zunächst auf den ersten wichtigen Punkt bezüglich des Baues von A. terricola, dass nämlich der Körper derselben aus zwei ihrem Aussehen und ihrer Consistenz nach verschiedenen Substanzen aufgebaut ist, nämlich aus einer äusseren hyalinen Schicht von festerer Consistenz und einem körnigen mehr weichen und flüssigen Innenparenchym. Dieses Verhältniss findet wohl bei den meisten Amöben statt [1]), bei keiner aber tritt die Scheidung so klar und scharf hervor. Bei den Süsswasser-Amöben wird der Leibesinhalt beim Vorwärtskriechen oft durch die hyaline Schicht hindurch

1) In der neuern Zeit haben besonders Wallich und Carter die Süsswasser-Amöben einer genaueren Untersuchung unterzogen und dabei auch auf die beiden verschiedenen Sarkodeschichten hingewiesen. Wallich (Annals and Mag. of nat. hist. Vol. XI, Third Series p. 287) unterscheidet ein »Endosarc« und »Ectosarc«, scheint aber beiden Substanzen durchaus gleiche Eigenschaften resp. denselben Grad der Entwicklung und Contractionsfähigkeit beizumessen, was von dem Verhalten bei A. terricola wesentlich abweicht. Carter (ibid. Vol. XII. Third Series p. 22) geht indessen schon weiter, indem er für jede Substanz, die äussere und innere, auch besondere Eigenschaften erkannt hat. In dem »Diaphane or Ectosarc« (äussere Schicht) erblickt er den Sitz für die Ortsbewegung und die Fähigkeit des Greifens (locomotive and prehensile power), während die »Sarcode or Endosarc« (Innenparenchym) nach ihm eine rollende Bewegung darstellt. Die Ansicht Carter's nähert sich mehr der unsrigen, indessen muss ich es mir vorläufig versagen, auf diese Arbeiten und die übrigen über Süsswasser-Amöben gemachten Beobachtungen überall vergleichend und diskutirend näher einzugehen schon aus dem Grunde, weil ich ganz neue bisher nicht beschriebene Thiere, die also auch mehr oder minder neue und abweichende Eigenschaften bieten können, vor mir habe und will ich mich desshalb vor der Hand so viel wie thunlich auf diese Grenze resp. auf die genaue Beschreibung der Erd-Amöben beschränken. Indessen hoffe ich später Gelegenheit zu finden, auch die über Wasser-Amöben gemachten mancherlei Forschungen genauer berücksichtigen zu können.

bis an die äusserste Grenze der Peripherie getrieben, so dass beide nicht mehr von einander zu unterscheiden sind. Nicht so bei Amoeba terricola. Verfolgt man das unter dem Drucke des Deckglases vorwärtskriechende Thierchen, so sieht man stets einen mehr oder minder breiten Saum, der dem sich nachdrängenden Inhalte unaufhaltsam als Vorläufer vorauseilt. Der eigentliche Impuls zu diesen Bewegungen erfolgt aber von der diesem vorwärtsstrebenden Saume entgegengesetzten Richtung (vergl. Taf. XVII, Fig. 2, 3 u. ff.) Hier und zwar zunächst am äussersten Ende zieht sich die Amöbe mit aller Kraft zusammen, so dass dadurch an dieser Stelle eine beträchtliche Zusammenschnürung entsteht und zahllose Falten und Linien in die Oberfläche eingedrückt werden. Diese erste Zusammenschnürung zieht sich nun wellenartig fortlaufend gleichsam in peristaltischen Bewegungen nach Vorne, den ganzen Körper in die eingeschlagene Bahn hineindrängend. Der bewegliche mehr flüssige Leibesinhalt nimmt an diesen Bewegungen zunächst nicht aktiv Theil, sondern er wird durch die von Hinten nach Vorne laufenden Contractionen stets mit vorgeschoben und drängt nun auch seinerseits gegen die vorauseilende Aussenschicht an, um auf diese Weise einentheils die Bewegung zu beschleunigen, anderntheils aber vor Allem die einzuschlagende Richtung zu bestimmen. Ohne also dem Innenparenchym Contractionsvermögen absprechen zu wollen, ist doch in unserem Falle, wie aus Obigem hervorgeht, die hyaline Aussenschicht der Sitz und der Ausgangspunkt der Contractions- resp. Bewegungskraft und man könnte sie desshalb mit einigem Rechte die muskuläre Schicht nennen und sie dem häufig auch nicht weiter differenzirten Muskelschlauch vieler anderer niederer Thiere zur Seite stellen. Jedenfalls ist im Vergleich zu den Wasser-Amöben bei unserer A. terricola ein Schritt vorwärts geschehen zur Bildung einer selbstständigen muskulären Aussenschicht und einer davon umgrenzten Leibeshöhle.

Es bleibt jetzt noch eine bei Untersuchung der Wasser-Amöben oft ventilirte und noch immer verschieden beantwortete Frage zu berühren übrig, ob nämlich diese äussere Schicht noch von einer besonderen Membran umgeben ist oder nicht. Wenn irgendwo bei Amöben sollte man sicher bei A. terricola beim ersten Blick wegen der über die Oberfläche zahlreich verlaufenden Linien und Falten glauben, dass diese den Ausdruck von Membran-Verschiebungen etc. darstellten, allein beobachtet man genauer, so wird man bald zugeben müssen, dass diese Falten bei den fortwährenden Zusammenziehungen nothwendiger

Weise in die zähe schwer nachgiebige Aussenschicht hineingedrückt werden müssen; richtet man erst sein Augenmerk auf die äusserste Grenze des voraneilenden Stromes oder der Fortsätze, so wird man überall nur eine durchaus homogene und zusammenhängende Schicht finden, nirgendwo bei den stets wechselnden beweglichen Grenzlinien doppelte Contouren, nirgends das Bild einer diesen einfachen Grenzlinien noch vorausgehenden besonderen Membrangrenze. Ich glaube daher nach sorgfältiger Beobachtuug von der Wahrnehmung einer die lebende Amöbe umgebenden besondern Haut meinerseits Abstand nehmen zu dürfen. Es handelt sich nun darum, welche Bedeutung den durch Reagentien erlangten Bildern beizumessen ist. L. Auerbach[1]) hat bekanntlich in seiner schönen und ausführlichen Arbeit über die Süsswasser-Amöben allen von ihm untersuchten Thieren mit Bestimmtheit eine allseitig umhüllende Membran zugeschrieben und zwar bloss auf Grund der durch Reagentien erhaltenen Resultate. Ich habe aber auch durch diese künstliche Präparation nicht die volle Ueberzeugung von einer auch im Leben bestehenden Membran gewinnen können weder an Süsswasser-Amöben noch an den in der Erde lebenden. Bringt man mit einer der letzteren (A. terricola) Essigsäure in Berührung, so wird die Contractionsfähigkeit alsbald zerstört oder, was hiermit gleichbedeutend ist, die Amöbe stirbt ab; die äusseren Contouren erweitern sich bald zu einer mehr oder minder regelmässigen Kreisform und werden zu gleicher Zeit schärfer und dunkler. Aber auch im Innern dieses Kreises geht eine merkliche Aenderung vor sich: das körnige Innenparenchym gerinnt und schrumpft zu grösseren oder kleineren meist von der Periphere nach dem Centrum zurückweichenden Ballen und Wolken zusammen; dadurch entsteht der Anschein, als ob der gesammte Inhalt sich von den äusseren Grenzcontouren zurückzöge, die letzteren als eine häutige Blase zurücklassend. Dem ist aber nicht so: es ist eben bloss das körnige weiche Innenparenchym, das sofort gerinnt und sich zusammenzieht, während die weit consistentere Aussenschicht viel länger der Einwirkung der Säure Stand hält und sogar anfangs noch ein helles Aussehen bewahrt. Erst später gerinnt auch sie, zeigt aber dann meist nur eine leichte und spärliche flockige Trübung, niemals aber ein so dunkelkörniges Aussehen wie das Innenparenchym. Es ist nicht zu

1) Ueber die Einzelligkeit der Amöben von Dr. Leopold Auerbach. Zeitschr. f. wiss. Zoologie, VII. Band, 1856, S. 363.

läugnen, dass wenn man nun das Auge an den äusseren Grenzlinien und über die ganze Oberfläche der so behandelten Amöbe streifen lässt, man allerdings viele scharfe Falten und Linien findet, die täuschend den Eindruck machen, als ob sie von einer gefalteten oder geknickten Membran herrührten. Will man diesen Eindruck noch verstärken, so braucht man nur das ganze Objekt zu zerdrücken, worauf unzweideutige fast scharfe Risse in die Oberfläche entstehen, die den Inhalt ausströmen lassen, so dass man in der That glauben sollte, man habe eine anfangs allseitig geschlossene und nun gesprengte Blase vor sich. Indessen finde ich bei den noch so scharfen äussern Contouren immer noch einen Zusammenhang mit dem inneren geronnenen Protoplasma niemals eine direkte Abweichung oder Einbiegung dieses Protoplasma's von den Grenzlinien nach innen, so dass letztere vollkommen für sich daständen resp. abgehoben wären. Ich muss also annehmen, dass es bloss die äussere hyaline Körpersubstanz ist, die, vorher schon von fester Consistenz, durch Essigsäure noch mehr erhärtet worden ist, so dass unter diesem Gesichtspunkte sogar die Bildung einer dünnen membranähnlichen erhärteten Grenzschicht wohl denkbar ist, da ich ausserdem allen Grund habe anzunehmen, dass die hyaline Schicht an ihrem äusseren Rande eine festere Consistenz besitzt wie nach innen zu, wo sie allmählig abnimmt, und da ferner die Säure an diese äussere Grenze zuerst und mit voller Intensität herantritt und auch am längsten einwirkt. Das bleibt indessen immer nur eine künstliche Haut, die dem natürlichen Verhalten nicht entspricht. Keine anderen Erfolge hatte ich bezüglich der Wahrnehmung einer Membran bei Anwendung anderer Säuren noch durch Kali oder Natron noch durch Alkohol, wobei sich meistentheils dieselben Bilder wie die oben geschilderten präsentiren. Ferner begegnet man häufig Amöben, die in ihrem natürlichen Medium abgestorben sind und die in der That auf den ersten Blick aussehen wie häutige kugelig ausgedehnte Kapseln mit den krümeligen und verschrumpften Inhaltsresten; bei näherer Betrachtung bin ich übrigens immer wieder auf dieselben Anschauungen gekommen wie die eben ausgesprochenen. Es stimmen diese Resultate also mit denen überein, die Wallich (Ann. etc. of nat. hist. Vol. XI 3. Series p. 289) angibt, der bei der von ihm untersuchten Süsswasser-Amöbe (A. villosa Wallich) sich weder im Leben noch durch Anwendung von Reagentien (Säuren und Alkalien) von der Anwesenheit einer Membran überzeugen konnte. Von besonderer Wichtigkeit indessen ist das

Resultat das Carter, der Vertheidiger einer äusseren Membran für sämmtliche Amöben, durch die Applikation von Jod erhielt (ibid. Vol. XII 3. Series p. 32). Behandelte er nämlich Amoeba princeps mit Jod, so nahm der äussere Rand des Thieres eine tief violette Färbung an, während der ganze übrige Körper mehr oder minder gelbbraun wurde. Das würde also bei dieser Amöbe nicht bloss mit Entschiedenheit für eine wirklich vorhandene äussere Grenz-Membran, sondern sogar für eine von dem übrigen Inhalte chemisch durchaus verschiedene stärkemehlhaltige Haut sprechen. Ich habe natürlich mit grossem Interesse auch unsere Amoeba terricola sowie die sämmtlichen anderen in der Erde vorgefundenen Amöben bezüglich dieser auffallenden Erscheinung geprüft, muss indessen gestehen, dass ich bei allen von mir mit Jod untersuchten Amöben bei vorsichtiger Betrachtung und Beleuchtung niemals eine äussere violette oder blaue Färbung habe darstellen können weder durch Behandlung mit Jod allein noch in Verbindung mit Schwefelsäure. Es scheinen also in diesen Punkten noch einige Differenzen zur Lösung vorzuliegen. Thatsache scheint indessen zu sein, dass an der lebenden Amöbe keine äussere Membran wahrgenommen werden kann.

Wenden wir uns nun nach dieser Abschweifung wieder zur Betrachtung dieser lebenden unter dem Deckglase fortkriechenden Amöbe und zwar zu dem von der oben beschriebenen äusseren hyalinen Schicht umschlossnen eigentlichen Leibesinhalt, so haben wir hier mancherlei Gebilde vor uns. Der gesammte Innenraum wird zunächst ausgefüllt von dem schon mehrfach erwähnten körnigen Innenparenchym, das von einer bedeutend weicheren Consistenz wie die Aussensubstanz ist und in das die sämmtlichen Organe und die sonstigen im Innern vorkommenden Körper eingebettet liegen. Dieses Innenparenchym besteht nun zum grössten Theil aus einem sehr feinkörnigen Protoplasma, dessen einzelne Partikelchen oft die manigfaltigsten, nicht immer punktförmige und rundliche Gestalten zeigen. Ausserdem finden sich stets, aber in wechselnder Menge, grössere glänzende Körnchen in diese feinkörnige Substanz eingestreut. Ununterbrochen strömt nun diese Masse in die vorderen vorgeschobenen Bahnen und Fortsätze, indem sich oft Welle um Welle nachdrängt (Fig. 2 und 3). Zuweilen springen bei dem starken Andringen einzelne Körnchen aus der vordersten Welle in keilförmiger Gruppirung in den vorauseilenden hyalinen Saum hinein (Fig. 3 und 8), werden aber alsbald, ohne jemals die Peripherie zu erreichen, von

der allseitig sich wieder vorschiebenden äusseren Schicht umwogt. Aus dieser Beobachtung geht nun nebenbei hervor, dass erstens keine scharfe Grenze zwischen der hyalinen Aussenschicht und dem körnigen Innenparenchym besteht und zweitens, dass die erstere nach Innen zu weicher wird und die geringste Consistenz da hat, wo sie die körnige Substanz berührt.

Ebenfalls in beständiger Bewegung, je nach den inneren Strömmungen, befindet sich der in die körnige Grundsubstanz eingebettete oder vielmehr in derselben schwimmende übrige Leibesinhalt. Unter diesem fallen uns alsbald grosse und kleine helle Räume in die Augen, die keinem Thiere fehlen, die unter den Protozoen so verbreiteten und unter dem Namen der contractilen Blasen oder Vacuolen bekannten Wasserbehälter. Bei unserer A. terricola zeigen diese contractilen Blasen[1]) oder vielmehr Räume (Fig. 2, 3, 4, 8 und ff.) ein eigenthümliches höchst interessantes Verhalten, das im Wesentlichen in Folgendem besteht: die Zahl und Grösse derselben ist nicht bloss in den verschiedenen Thieren eine sehr wechselnde, sondern ändert sich in demselben Individuum oft von Minute zu Minute. Gewöhnlich trifft man in einem Thiere eine grössere und mehrere, unter sich aber wieder an Durchmesser verschiedene, kleinere, die durch den Strom des Innenparenchyms bald hier, bald dorthin getrieben werden, oft bis nahe zur vorderen Grenze der körnigen Substanz. Wenn nun auf dieser Wandrung zwei dieser Vacuolen, besonders die kleineren sich begegnen oder berühren, so springen sie meist mit Leichtigkeit zusammen und bilden nun eine grössere gemeinschaftliche Blase; diese letztere verbindet sich in gleicher Weise sehr bald mit einer andern, auf die sie zufällig auf ihrem Wege stösst, und so setzt sich oft aus mehreren kleinen Räumen in kurzer Zeit ein grösserer zusammen. Dieser kann nun aber jeden Augenblick wiederum seine erlangte Grösse einbüssen, indem er durch Hindernisse, die sich ihm in den Weg stellen, durch Compression oder dadurch, dass er in ein allzu enges Strombett hineingeräth, zur ein- oder mehrmaligen Theilung veranlasst wird, wobei häufig langgezogene

1) Bezüglich des im Folgenden häufig gebrauchten Wortes »Blase« für die Wasserräume sei, um Irrthum zu vermeiden, von vornherein bemerkt, dass ich damit keineswegs, wie auch später ausgeführt werden wird, eine besondere den Raum umschliessende contractile Haut im Auge habe, sondern nur einen einfachen Wasserraum resp. Wassertropfen damit bezeichnen will.

und unregelmässige, von der gewöhnlichen Kugelform abweichende (Fig 3. und 8 a) Gestalten vorkommen. Diese Theilräume haben nun natürlich dieselbe Selbständigkeit wie der, aus dem sie hervorgegangen und wie sie früher vor ihrer Vereinigung besassen, und können wiederum anderweitige Verbindungen eingehen wie die Gelegenheit sie bieten. So geht das interessante Schauspiel von Entstehen und Vergehen, so lange die Bewegung der Amöbe anhält, ununterbrochen fort. Ich habe nun anfangs lange vergeblich mein Augenmerk darauf gerichtet, ob der eine oder der andere dieser Räume, besonders von den grösseren, sich zeitweise, nach Art der sonst bei diesen Gebilden beobachteten Erscheinungen, spontan contrahire, um seinen Inhalt zu entleeren. Bei den lebhaft vorwärts kriechenden Amöben gelingt wegen des steten Wechsels der Lage und Grösse dieser Blasen die sichere Beobachtung selbständiger Contractionen sehr schwer, um so schöner aber und in einer überraschenden und durchaus neuen Weise, wenn man ein mehr in der Ruhe befindliches Thierchen beobachtet. Am besten eignen sich hierzu die jüngeren und kleinen Individuen, die leichter zu fixiren und zu übersehen sind und die ausserdem häufig nur eine oder nur wenige Blasen zeigen. Man beobachet dann, dass zuweilen eine der grösseren Blasen allmählig gegen die Peripherie zu rückt bis nahe zum innern Rande der hyalinen Schicht; hier angekommen, zieht sie sich plötzlich zusammen und verschwindet vollständig und giebt dabei den Anblick, als ob sie nach aussen entleert worden sei. Nach wenigen Sekunden indessen sieht man genau an der Stelle der verschwundenen Vacuole eine zahllose Menge dicht zusammenstehender kleiner, anfangs fast punktförmiger Bläschen auftauchen. Diese kleinsten Bläschen springen nun alsbald mit grosser Behendigkeit unter einander zu weniger kleinen zusammen, diese kleinen vereinigen sich wiederum zu grösseren und so geht es fort, bis nach kurzer Zeit aus den unzähligen punktförmigen Bläschen eine geringe Zahl grösserer entstanden ist. Mit der fortschreitenden Vereinigung nimmt die Schnelligkeit derselben ab, und wenn sich nur wenige Blasen einander gegenüber stehen, treten zwischen den weiteren Verbindungen merkliche Pausen ein. Schliesslich tritt aber meistens doch ein vollständiger Zusammenfluss ein und die neue Vacuole besitzt dann ungefähr dieselbe Grösse wie die vorher verschwundene. Der Zeitraum, in dem dieser Process abläuft und derjenige, der zwischen zwei auf einander folgenden Contractionen liegt, scheint kein constanter

zu sein, in den meisten Fällen möchte derselbe indessen, wenn keine Störung eintritt, eine Minute nicht übersteigen. Diese Störung tritt aber häufig ein und der oben beschriebene Vorgang bezieht sich überhaupt in dieser regelmässigen Weise bloss auf die Thierchen, die in dem ruhenden Zustande mehr oder minder verharren. Treten aber während der Bildung der neuen Vacuole Bewegungen oder Verschiebungen der Amöbe ein, so vereinigen sich allerdings stets die feinsten Blasen, die hieraus entstandenen grösseren aber werden dann oft, ehe sie zu einer einzigen zusammengeflossen sind, aus einander gerissen und nun, wie oben geschildert, in dem Innenraum umhergetrieben, um die anfangs gestörte Vereinigung gelegentlich später zu vollziehen, oder schon eingegangene wieder abzubrechen.

Aus diesen Beobachtungen geht nun mit Sicherheit hervor:

1) Dass die Zahl, Grösse, Lage und Form der mit Wasser erfüllten Räume von A. terricola sowohl bei den verschiedenen Thieren wie bei jedem einzelnen Individuum grossem Wechsel unterworfen ist.

2) Dass sich zeitweise der eine oder andere dieser Räume bis zum Verschwinden zusammenzieht und sich seines Inhaltes entleert; der letztere kommt bald darauf an der Stelle seines Verschwindens in Gestalt kleinster Bläschen wieder zum Vorschein, die ihrerseits allmählig durch gegenseitiges Ineinanderfliessen die ursprüngliche Blase wieder herstellen.

3) Dass deshalb diese Räume sowohl einer eignen Wandung resp. Membran entbehren müssen, als auch dem dieselben zunächst umschliessenden Parenchyme keine besondere vor dem übrigen sich auszeichnende Contractilität zugeschrieben werden kann.

Neben den Wasserbehältern bemerken wir bei genauerer Betrachtung als fernere Bestandtheile des Leibesinhalts sehr bald die als Nahrung vielfach aufgenommenen kleinen Diatomeen, Algen etc. und weiterhin eigenthümliche schon bei früherer Gelegenheit erwähnte, stets intensiv gelb oder gelblich-braun gefärbte Körper, die fast niemals fehlen, und auch bei den Wasser-Amöben vielfach beobachtet werden. Es liegt nahe, diese Körper als kleine Ballen der mehr oder minder verdauten Nahrung aufzufassen; indessen ist mir doch die stets vorhandene intensiv gelbe Färbung und die eigenthümliche oft zellenähnliche Form dieser Körper, die oft sogar einen deutlichen Kern im Innern erkennen lässen, aufge-

gefallen. Zuweilen trifft man auch die einzelnen Körner zu einem Haufen zusammengeballt, der dann wiederum von einem hellen Hof umfasst wird (siehe in Fig. 1, 2, 3 und 8). Dann habe ich ferner häufig die Beobachtung gemacht, dass kleine Diatomeen oder Algen von diessen gelben Körpern ganz oder theilweise umschlossen oder wenigstens an der einen oder anderen Stelle fest damit verklebt waren. Dies Alles hat in mir die Vermuthung erweckt, als sei diesen Gebilden noch eine besondere Bestimmung zugewiesen, nämlich die Verdauung der aufgenommenen Nahrung zu fördern, und in diesem Falle würde auch eine Umschliessung der Nahrungstheile mit jenen gelben Körnern nicht einmal erforderlich sein, da ja eine beständige Berührung und Reibung derselben im Innern stattfindet. Sie würden dann mit den den Darm vieler niederer Thiere auskleidenden ebenfalls meist gelb oder braungefärbten Zellen und zellenartigen Körpern (den sogenannten Leberzellen) zu vergleichen sein. Das ist freilich nur Vermuthung und vielleicht geben weitere Untersuchungen bestimmteren Aufschluss. Keinenfalls stehen diese Körper aber, wie ich glaube auf das Bestimmteste versichern zu können, mit anderen Körperfunctionen, wie z. B. mit der Fortpflanzung, in irgend einer Beziehung.

Als ferneren häufigen Bestandtheil des Leibesinhalts findet man kleine krystallinisch aussehende Gebilde, an denen ich indessen bestimmte regelmässige Formen nicht wahrnehmen konnte. Meist sind es längliche Körperchen mit scharfen Kanten. Zuweilen liegen dieselben in einer runden hyalinen Scheibe oder einem Bläschen (Fig. 4 c, vergl. auch Taf. XVIII, Fig. 17 u. 18). Ich zweifle nicht, dass diese Körper in der Amöbe selbst gebildet werden und nur in den wenigsten Fällen von aussen aufgenommene Fremdkörper sind; welche Bedeutung sie indessen haben, ist mir durchaus unklar. Uebrigens kommen diese Krystalloide bekanntlich fast bei allen Amöben und anderen Rhyzopoden vor und sind bereits von Auerbach, Wallich, Carter u. A. beschrieben und näher geprüft worden[1]), ohne dass dieselben indessen zu einem befriedigenden Resultate über die Natur dieser Körper gelangt wären.

1) Nach Auerbach sind diese Körperchen in kalten Alkalien leicht löslich, aber auch in concentrirter Essigsäure und Schwefelsäure allmählig. Auerbach sah sie zuweilen in deutlich rhombischen Formen crystallisirt Wallich (a. a. O. p. 434) konnte über ihre chemische Natur zu keinem Resultat

Ich komme jetzt zu dem bei weitem wichtigsten Theil des Innenparenchyms, das in die Stellung eines eignen selbständigen Organes tritt, nämlich des Fortpflanzungsorganes, das ist der sogenannte Nucleus (Fig. 2, 3, 8 b und ff. Fig. a—f). Derselbe hat natürlich ebenso wenig wie die übrigen im Innern cursirenden Körper eine bestimmte Lage, sondern folgt ebenfalls wie diese den inneren Strömungen und Bewegungen der Amöbe. Seine Gestalt ist im ausgewachsenen Thiere und im gewöhnlichen Verhalten oval (Fig. 2, 3 b etc.). Da die Consistenz indessen eine fast breiweiche ist und er deshalb einem entgegentretenden Hindernisse oder Drucke nachgiebt, so können während seiner Wanderungen durch den Innenraum mancherlei Verschiebungen der ursprünglichen Form vorkommen, die indessen stets nur so lange anhalten wie die Ursache. Er misst in den ausgewachsenen 0,35—0,4 Mm. Durchmesser haltenden Amöben gewöhnlich 0,075 Mm. in der Länge und 0,035 in der Breite [1]). Der Bau dieses Körpers ist nun folgender: Zu äusserst liegt eine ziemlich breite homogene und hyaline Kapsel, die den eigentlichen Kern umhüllt (Fig. 2, 3, 8 b u. Fig. 5 a—e). Auf diese folgt eine zweite derbere Schicht, die sich leicht als die äussere Wandung des Innenraums darstellt; dieselbe ist im Gewöhnlichen in ihrem Umfange nicht überall gleichmässig dick, sondern wie aus einzelnen Stücken oder Platten zusammengesetzt (Taf. XVII Fig. 2, 3, 8 b und Fig. 5, d e, f), so dass häufig, wo diese Stücke von einander abstehen, anscheinende Lücken in der Wandung entstehen.

gelangen, sah sie aber auf Zusatz von Salzsäure verschwinden, und hält sie desshalb für ein kohlensaures oder anderes Kalksalz. Carter (loc. cit. p. 32) sah sie in Form von Octaedern und hält sie, weil sie sich auch in Salpetersäure unter Brausen auflösen, für oxalsauren Kalk. Wegen der ausserordentlichen Kleinheit dieser Körper bei A. terricola habe ich bisher noch kein bestimmtes Resultat über deren Zusammensetzung erlangen können. Mit Bestimmtheit scheinen dieselben indessen als Kalksalze betrachtet werden zu können.

1) Jede Amöbe hat im Gewöhnlichen nur einen Nucleus, einmal fand ich indessen, aber auch nur dieses einzige Mal, eine besonders grosse Amöbe, die deren zwei an Gestalt, Grösse und Entwicklung vollkommen gleiche in ihrem Innern erkennen liess. Jeder Nucleus war so gross wie man sie gewöhnlich bei A. terricola findet. Ob hier ein unter gewissen Bedingungen normaler Process einer vollständigen Kerntheilung resp. Verdopplung desselben stattgefunden und ob dieses nur eine ausnahmsweise doppelte primitive Nucleus-Bildung war, ist natürlich schwer zu entscheiden, da ich weiteres über dieses eigenthümliche Verhältniss nicht habe beobachten können.

Der nun hiervon umschlossene Innenraum ist anfangs von durchaus homogenem Protoplasma erfüllt, in das bloss einige kleine lebhaft dunkelglänzende Körnchen eingestreut sind (Fig. 2 etc. b). So ist das Verhalten dieses Organes in den ausgewachsenen aber noch nicht in der Fortpflanzung begriffenen Individuen. Wie aber schon oben ausgesprochen, ist unser Nucleus als das Fortpflanzungsorgan anzusehen und der von den beschriebenen Wandungen umschlossene Innenraum ist die eigentliche Stätte, in der die junge Brut erzeugt wird. Der erste Akt dieser Bildung ist, dass sich über das homogene Protoplasma des Innenraums ein Hauch leichter wolkiger Trübung legt, aus der weiterhin eine anfangs noch undeutliche und blasse Zeichnung von runden Körnern hervortritt (Fig. 5 d), die immer deutlicher wird, so dass schliesslich der ganze Raum mit soliden, mehr oder minder scharf begrenzten Körnern erfüllt ist (Fig. 2 etc. b). Auch die äusseren Wandungen scheinen sich an dieser Körnerbildung zu betheiligen, wenigstens sieht man zugleicherzeit auch in ihr ähnliche Gebilde auftreten. An der Peripherie tauchen nun im weiteren Verlaufe einzelne etwas grössere und schärfer controuirte Körner auf, die sich fortan vermehren (Fig. 5 f) und in denen zuweilen jetzt schon ein helleres Centrum wahrzunehmen ist, während zugleicherzeit meist die äussere hyaline Hülle des Nucleus verloren geht. Nun folgt der Process, den ich allerdings nicht direkt beobachtet habe, den ich aber glaube aus anderweitigen indirekten Beobachtungen ergänzen zu dürfen, nämlich die Ausstossung der reifen Körner des Nucleus in das Parenchym der Amöbe und der schliessliche vollständige Zerfall des ganzen Organes in seine Bestandtheile resp. Körner, die nun natürlich sämmtlich zunächst in den Leib des Mutterthiers ergossen und zerstreut werden. Der hierfür fehlende direkte Beweis möchte aber durch folgende Beobachtungen ersetzt werden: Wenn der Nucleus die oben beschriebene Körnertheilung vollzogen hat, sieht man gewöhnlich auch ausserhalb desselben in der Leibeshöhle Körner von derselben Beschaffenheit, die mit dem übrigen Inhalte im Parenchym umhergetrieben werden [1]). Weiterhin treffen wir zuweilen auf grosse

1) Es ist nicht leicht in allen Fällen diese Körner von den übrigen im Parenchym schwimmenden Gebilden, den kleinen contractilen Blasen, den grössern glänzenden Sarcode-Körnern oder den gelben Körnern, die oft auch ein blasses Aussehen annehmen, zu sondern, indessen habe ich in diesen sorgfältig eine Verwechslung zu vermeiden gesucht.

Amöben (Fig. 4), die mit diesen Körnern fast ganz angefüllt sind und ausser den contractilen Räumen und den oft merkwürdiger Weise vermehrten Kalkkrystallen fast nichts mehr von dem früheren Inhalte im Innenparenchym erkennen lassen; sowohl der Kern ist verschwunden, als man auch meistens weder frisch aufgenommene Nahrung noch die oben beschriebenen gelben Körper mehr vorfindet. Die Bewegungen solcher Amöben sind ausserdem bedeutend träger geworden und es hat den Anschein, als ob das Thier seine anderweitigen Funktionen mehr oder minder eingestellt oder beschränkt habe, um bloss der Aufbewahrung und Weiterentwicklung der jungen Brut im Innern zu leben; denn als solche, als die junge noch unentwickelte Amöben-Brut sind, wie ich glaube, jene Körner unzweifelhaft anzusehen. Das erste Stadium der Weiterentwicklung ist nun, dass sich diese Körner vergrössern und mit einem feinkörnigen Protoplasma erfüllen (Fig. 6a), so dass sie sich dann als körnige Kugeln von verschiedener Grösse präsentiren. Zu gleicher Zeit sieht man häufig im Innern einen hellen Fleck (Kern) auftreten [1]) und bald darauf auch neben diesem Fleck einen grösseren runden und hellen Raum (Fig. 6b), der sich unzweifelhaft als die erste contractile Blase erkennen lässt, die also hiernach sehr früh auftritt. Die junge Amöbe wächst nun unter gleichzeitiger Vermehrung des körnigen Protoplasma's und der Vergrösserung der contractilen Blase und wenn sie einen ungefähren Durchmesser 0,01 Mm. erreicht hat, sind schon selbständige und meistentheils äusserst lebhafte Bewegungen zu erkennen (Fig. 6, c—i). Statt der einen contractilen Blase sieht man jetzt zuweilen auch zwei kleinere im Inneren und nebenbei tritt auf diesem Stadium unter günstigen Objekten hin und wieder aufs Deutlichste ein Kern mit Kernkörperchen im Innern hervor (Fig. 6, e u. f), die, wie wohl anzunehmen ist, weitere Entwicklung des oben erwähnten anfänglichen hellen Flecks.

Ich habe indessen, wie ich hier besonders hervorheben muss, niemals, so eifrig ich auch darnach gesucht habe, in den lebenden

1) Zuweilen sind die sämmtlichen im Innern der Amöbe schwimmenden Keimkörner schon auf's Deutlichste mit diesem hellen centralen Fleck im Innern versehen und ausserdem mit einem hyalinen Hof umgeben, so dass sie alsdann als vollständige Zellen angesehen werden können. Zusatz von Essigsäure macht den hyalinen Hof undeutlich, lässt aber die eigentlichen Körner als dunklen soliden Körper hervortreten. Durchschnittlich haben diese Körner einen Durchmesser von 0,06 Mm.

Mutter-Amöben Junge gefunden, die schon das oben beschriebene Stadium der Entwicklung mit contractiler Blase etc. und deutlich selbständiger Bewegung erreicht hätten und die also als fertige junge Amöben angesehen werden könnten, wie sie Fig. 6, c—i dargestellt sind, sondern immer nur die reifen Körner des Nucleus und die grösseren feinkörnigen Kugeln. Ich vermuthe deshalb, dass die junge Brut im Leibe der Mutter sich nicht so weit entwickelt, dass sie schon den Charakter vollständiger Amöben an sich tragen, sondern schon früher geboren werden in Form der mehrfach erwähnten Körner des Nucleus, deren weitere Ausbildung dann im Freien vor sich geht. Die Amöba terricola wäre sonach nicht im strengen Sinne des Wortes als eine vivipara anzusehen [1]). Ich habe desshalb auch die oben beschriebenen Jugendformen bloss ausserhalb des mütterlichen Körpers in dem umgebenden Sande finden können, zweifle aber keinen Augenblick, dass es die wirklichen Jungen von A. terricola und keiner andern in der Erde lebenden Amöbe sind, einentheils wegen der grossen Aehnlichkeit mit den Alten, da sie schon die vollständigen Charaktere der letzteren an sich tragen und anderntheils weil ich sie bloss da gefunden habe wo nachweisbar A. terricola stets in Menge vorkam. Fig. 7 a—c stellen weitere Stufen dar, die sich immer mehr der ausgewachsenen Form nähern: die contractilen Blasen vergrössern und vermehren sich und auch der Kern nimmt allmählig die beschriebene ovale Form an. Fig. 5 a—f stellen die Hauptentwicklungsformen dieses Kernes unter stärkerer Vergrösserung dar [2]).

Ich habe jetzt noch über einen höchst eigenthümlichen Fund zu berichten, über dessen Natur ich indessen vorläufig keine Entscheidung zu treffen wage, so verlockend mir auch anfangs die Deutung nach

1) Wallich gibt an, den Akt des Ausschlüpfens von jungen Amöben aus seiner Amoeba villosa gesehen zu haben und würde demnach A. villosa (A. princeps) in der That vivipar sein (Annals etc. of nat. hist. Vol. XI Third Series p. 434 Pl. X Fig. 10).

2) Die von mir bei Amoeba terricola beschriebene Art der Entwicklung des Nucleus und der jungen Amöben stimmt am meisten mit der von Carter (loc. cit. p. 40) für A. princeps gegebenen Darstellung überein, nur dass ich nicht wie jener Forscher bei unserer A. tericola eine zuerst eintretende Zweitheilung der Kernsubstanz mit darauf folgender mehr oder minder regelmässiger Zerklüftung habe beobachten können, sondern stets nur in der oben geschilderten Weise.

einer gewissen Richtung hin erschien. In Amöben, die den sonderbaren Zottenanhang (Taf. XVII, Fig. 8 d) trugen, der zuerst von Wallich näher beschrieben worden, und auf den wir gleich noch näher zurückkommen werden, fand ich ein paar Mal langgezogene dunkle Körper von anscheinend zäher Consistenz, die haarförmig geschlängelte Linien deutlich in ihrem Innern erkennen liessen. In einem Falle (Fig. 8 dd) waren zwei dieser Körper in einer Amöbe vorhanden: der eine derselben war besonders lang ausgezogen und an seinen beiden Enden kolbenförmig angeschwollen mit einer diese Enden verbindenden schmalen Brücke. Merkwürdigerweise war nun der eine dieser Kolben durch eine Oeffnung am hintern Leibesende der vorwärtskriechenden Amöbe nahe am Zellenanhang nach Aussen getreten, während das andere Ende mit dem grössten Theile des schmalen Halses noch innerhalb der Amöbe sich befand. Der zweite Körper war fast um die Hälfte kürzer wie der erste, zeigte nur an einem Ende eine kolben- oder keulenförmige Anschwellung und lag noch ganz im Innern der Amöbe. In beiden Gebilden waren, wie gesagt, geschlängelt verlaufende haarförmige Körper sichtbar, die aber vollständig bewegungslos waren und anscheinend dicht zusammengedrängt und wie miteinander verklebt erschienen. Eine umhüllende Kapsel konnte ich nicht wahrnehmen. Wie leicht ersichtlich, sind nun diese merkwürdigen Körper sehr dazu angethan, um mit den Balbiani'schen Nucleoli zusammengestellt zu werden, allein der Umstand, dass ich dieselben nur ein paar Mal gesehen habe und später trotz vieler Nachsuchung nicht wieder habe auffinden können und dass desshalb auch, besonders weil mir verschiedene Entwicklungszustände entgangen sind, meine Beobachtung unvollständig geblieben ist, lässt mich vorläufig bis auf weitere Untersuchung davon abstehen, dieselben als Samenelemente resp. als die den sogenannten Nucleoli oder männlichen Geschlechtsorganen der Infusorien analoge Gebilde zu deuten.

Vor einiger Zeit hat Wallich[1]) eine Amöbe beschrieben, die er in den Teichen Hampstead Heath bei London in grosser Menge antraf. Dieselbe zeichnete sich durch einen eigenthümlichen Zottenanhang an einer Stelle des Körperumfanges aus, den sie nach der anfänglichen Beobachtung beim Vorwärtskriechen stets am hintern

1) Annals and Mag. of nat. hist. Vol. XI p. 287, Pl. VIII. p. 365, Pl. IX. p. 434, Pl. X. Vol. XII p. 448, Pl. VIII.

Körperende nach sich zog, der sich später aber als durchaus nicht an dieser Stelle haftend, sondern nach allen Richtungen vorstreckbar erwies. Wallich beobachtete, dass die einzelnen Haare des Zottenfeldes keineswegs starr seien, sondern nach Art der Pseudopodien in gewissem Grade ausgestreckt und eingezogen werden konnten. Er betrachtet auf Grund des fraglichen Anhanges das Thier als eine neue Species unter dem Namen Amoeba villosa. Die Zotten deutet er als Greiforgane.

Carter[1], der in einer trefflichen Arbeit über den Bau und die Fortpflanzung eben derselben Amöbe berichtet, giebt an, den fraglichen Zottenanhang schon früher gesehen und abgebildet zu haben (Indian-Journal 1854), hält ihn indessen nicht für constant, sondern vorübergehend und deshalb bei denselben Amöben bald vorhanden, bald fehlend. Er glaubt daher dieser Eigenschaft auch nicht die Berechtigung zur Aufstellung einer besonderen Species zuerkennen zu dürfen und hält die Amöba villosa von Wallich identisch mit A. princeps.

Ich habe bei A. terricola ebenfalls häufig jenen Zottenbesatz (Taf. XVII, Fig. 8 u. 9d. und Taf. XVIII, Fig. 10d u. 11) gefunden und wenn derselbe sich auch meistentheils beim Vorwärtskriechen der Amöbe am hinteren Leibesende befindet, so kann er doch auch das vordere Ende repräsentiren (Fig. 9d) und überhaupt nach allen Richtungen des Körpers vorgeschoben werden. Bei A. terricola sind übrigens die einzelnen Haare dieses Apparates bei weitem nicht so weich und dehnbar, mit einem Worte nicht so pseudopodienartig wie bei den Süsswasser-Amöben, bei denen dieselben, wie ich mich überzeugt und es auch Wallich beschreibt, fast ganz den Charakter von kurzen fadenförmigen Pseudopodien an sich tragen, obwohl sie niemals über ein gewisses Maass ausgestreckt und ebenso wenig ganz eingezogen werden können. Bei den Erd-Amöben sind, wie gesagt, diese Fäden oder Zotten viel fester und starrer und scheinbar nur einer geringen Ausdehnung fähig.

Was mich bestimmt, vorläufig der Ansicht Carter's beizutreten, wonach dem fraglichen Organ ein besonderer Art-Charakter nicht beizulegen ist, ist: 1) dass diejenigen Thiere, die den Zottenanhang trugen, mit allen anderen wirklichen Repräsentanten von

---

1) Ibid. Vol. XII, p. 43.

Amöba terricola, die ihn nicht besassen, in allen Punkten, mit Ausnahme dieses Anhangs, vollkommen übereinstimmten und dass ich die einen stets in Gesellschaft der andern gefunden habe, wobei indess bemerkt werden muss, dass diejenigen mit dem Zottenbesatz mir im Ganzen sehr selten vorgekommen sind; 2) dass ich einmal beobachtet habe, wie der Zottenbesatz vollständig abgestreift worden war und eben abgeworfen werden sollte, resp. nur noch durch eine schmale Brücke mit seinem früheren Träger zusammenhing (Fig. 10 d). Der so abgestreifte Anhang glich einer unregelmässig zusammengefalteten oder collabirten Haut. Ich sage Haut, um einen für das fragliche Bild passenden Ausdruck zu wählen, glaube indessen nicht, dass hiervon in Bezug auf die oben discutirte Frage nun ein Rückschluss gemacht werden darf auf eine das ganze Thier umkleidende Membran, wovon also das abgeworfene Zottenfeld als ein Theil angesehen werden könnte und der ganze Vorgang als eine partielle Häutung. Ich zweifle nämlich nicht, dass bei unserem Thiere dem ganzen Zottenanhang eine besondere Schicht zur Grundlage dient, die mit der äusseren hyalinen Körpersarkode verwachsen und vielleicht auch von letzterer ursprünglich ausgeschieden wird, schliesslich aber eine deutliche Scheidung von derselben erkennen lässt. Zu dieser Ansicht berechtigt die Beobachtung des Werdens dieses Anhanges: man findet nämlich zuweilen an jüngeren Thieren einen ähnlichen kappenförmigen Anhang, aber ohne Fäden oder Zotten (Taf. XVIII, Fig. 11); statt dessen sind über das ganze Anhangsfeld dunkle Punkte eingelagert, ohne Zweifel die Stellen, an denen später die Zotten sitzen. Das ganze Feld ist aber ausserdem etwas dunkler wie die hyaline Körperschicht, dem sie aufsitzt, und auch von der letzteren durch eine deutliche Grenze geschieden, wodurch also die obige Bemerkung, dass das Zottenfeld als ein besonderer für sich bestehender Anhang anzusehen ist, ihre Begründung findet. Wie nun schliesslich diese Pseudopodien oder richtiger Pseudo-Pseudopodien entstehen, ob sie eben, was sehr nahe liegt, durch die erwähnten anfänglichen Punkte aus dem Innern des Anhangs hervortreten und nun mehr oder minder ausgestreckt bleiben, habe ich nicht beobachten können. Was die Bedeutung dieser Gebilde betrifft, so möchte dieselbe eine zweifache sein: einmal als Haft- oder Stützorgan der Lokomotion und zweitens als Greiforgan der Nahrungsaufnahme zu dienen.

Die ausgewachsene Amoeba terricola erreicht, wie schon oben

bemerkt, einen Durchmesser von 0,35—0,4 Mm.[1]). Dieses Maass bezieht sich indessen auf eine unter mässigem Deckglas-Druck etwas ausgebreitete Amöbe; ist sie mehr ausgestreckt und in lebhafter Bewegung, so erscheint sie noch grösser. Im ruhenden und fest contrahirtem Zustande, wie er früher beschrieben worden, ist der Durchmesser natürlich ein geringerer.

Um nun noch einige Worte über das Vorkommen und die Lebensweise unserer Amöbe anzureihen, so findet sich dieselbe ungemein häufig im Sande und in der Erde an Wurzelfasern von Moosen, Gräsern und anderen Pflanzen, die in nicht allzu dicken Lagen auf Steinen, Felsen, Mauern, Hausdächern, an Bäumen etc., also auf einer festen Unterlage wachsen, sogar im Sande unter den dünnen Lebermoosen und Flechten, zeigt also vollständig dasselbe Vorkommen wie die in der Erde lebenden Arctiscoiden, Räderthiere, Anguillulinen etc., in deren Gesellschaft man sie daher fast stets antrifft. Ueberall, wo man also auf die erwähnten Thiere in der Erde stösst, wird man auch nach unsern Amöben zu suchen haben. Damit soll indessen nicht gesagt sein, dass wo man die unter den angegebenen Verhältnissen allerdings fast niemals fehlenden Räderthiere und Anguillulinen antrifft, nun auch stets Amöben finden müsse. Es ist mir oft begegnet, dass ich tagelang unter den anscheinend günstigsten Verhältnissen und bei massenhaftem Vorkommen der bezeichneten Genossen vergeblich nach Amöben gesucht habe, während zu anderen Malen unter jedem durchmusterten Moosstückchen sich eine dichte Bevölkerung unserer Thierchen zeigte. Welches die Bedingungen für die Wahl resp. die Bevorzugung dieses oder jenes Terrains sind, habe ich, trotzdem ich

1) Unter denselben Verhältnissen wie A. terricola habe ich einige Male eine kleinere Amöbe von circa 0,15 Mm. Durchmesser gefunden, die hinsichtlich ihres Aussehens fast vollkommen mit der Ersteren übereinstimmte, sich aber in einem wesentlichen Punkte von derselben entfernte, nämlich in dem Bau und der Gestalt des Nucleus, der statt der ovalen Form eine vollkommen kreisrunde hatte. Der Inhalt des Nucleus war ausserdm nicht mit kleinen Keimkörnern, sondern mit grösseren körnigen Kugeln erfüllt wie sie bei A. terricola erst ein weiteres Entwicklungsstadium ausserhalb aber nach meinen Beobachtungen niemals innerhalb des Nucleus darstellen. Ob aus diesen Gründen das Thier eine eigene Art oder nur eine besondere Modifikation der Fortpflanzung bei derselben Species repräsentirt, vermag ich vorläufig nicht zu entscheiden.

mein Augenmerk darauf gerichtet, nicht ermitteln können, im Allgemeinen dürfte indessen wohl der grössere oder geringere Gehalt der betreffenden Erde an Diatomeen und kleinen Algen, der hauptsächlichsten Nahrung der Amöben, und eine möglichst der Sonne ausgesetzte warme Lage mehr oder minder bestimmend wirken. Wie nun leicht ersichtlich, müssen die Amöben der Erde, indem sie das Vorkommen mit den Arctiscoiden theilen, auch in ihrer Lebensweise manches Gemeinsame mit jenen haben und hierzu gehört vor Allem die alle jene Thiere auszeichnende Eigenschaft, einen hohen Grad der Eintrocknung und lange Zeit hindurch ertragen zu können. Die Natur des Aufenthaltes in oft äusserst dünnen Erd- und Sandschichten auf fester steiniger Grundlage bringt es mit sich, dass diese Eintrockung zumal im Sommer äusserst leicht und vollständig und oft für lange Zeit eintritt. Die Lebensthätigkeiten unserer Amöben werden dann vollständig unterbrochen, d. h. die Thierchen schlafen ein ganz in derselben Weise wie die Arctiscoiden und wie ich es für jene Thiere genauer beschrieben habe [1]). Die, wie wir oben gesehen haben, äusserst consistente und feste hyaline Aussenschicht zieht sich bei zunehmender Trockenheit des umgebenden Mediums immer fester zusammen und bietet schliesslich dadurch dem weicheren körnigen Innenparenchym und dessen Organen hinreichenden Schutz gegen vollständige Eintrocknung [2]). In diesem vollkommen ruhenden oder scheintodten Zustande trifft man sie nun gewöhnlich im trocknen Sande an und sie sind dann, wie oben ausführlich geschildert, kaum von den umgebenden Sandkörnern zu unterscheiden. Durch Anfeuchtung der sie bergenden Erde erwachen sie indessen, selbst wenn sie monatelang trocken gelegen haben, sehr bald wieder zu voller Lebensthätigkeit.

---

1) Dieses Archiv II. Bd. S. 120. Alle dort gemachten Bemerkungen über den Scheintod und das Wiedererwachen der Arctiscoiden etc. gelten fast durchgehend auch für die in der Erde lebenden Amöben.

2) Eine Encystirung ähnlich derjenigen der Infusorien u. a. habe ich bei den Erd-Amöben niemals beobachtet, glaube dieselbe auch wenigstens für Amoeba terricola in Abrede stellen zu dürfen.

II. *Amoeba brevipes.* nov. spec.
(Taf. XVIII, Fig. 17.)

Ich habe diese kleine Amöbe von 0,04—0,06 Mm. Durchmesser meist in Gesellschaft von A. terricola, zuweilen auch allein, aber unter denselben Verhältnissen wie jene gefunden. Sie ist im Ganzen nach meinen Erfahrungen nicht häufig. Ihr Körper, der selten seine mehr oder minder kugliche Gestalt verändert, lässt keine im ruhenden Zustande sichtbare Scheidung in eine äussere hyaline und körnige Innensubstanz erkennen, so dass derselbe mit grösstentheils groben dunkelglänzenden Körnchen angefüllt erscheint. Indessen werden aus dieser Substanz, meistentheils ohne dass das Thierchen sonst irgend welche Formveränderungen in seinem Umfange wahrnehmen liesse, vollkommen hyaline kurze und konisch stumpfe Fortsätze ausgestreckt, aber langsam und selten, wie überhaupt alle Bewegungen des Thierchens äusserst träge sind. Nur mit Ausdauer und besonderer Aufmerksamkeit kann man im Gewöhnlichen ausser jenen Fortsätzen Veränderungen und Contractionen des ganzen Körpers beobachten. Das Wichtigste, was ich an unserm Thierchen beobachten konnte, ist die eigenthümliche von A. terricola durchaus abweichende Vermehrungsweise, nämlich durch Theilung (Fig 17). Das Thierchen schnürt sich mitten durch, wobei der rundliche granulirte Kern in die Theilungslinie rückt und ebenfalls in zwei gleiche Hälften getheilt wird (Fig. 17 a). So habe ich es wenigstens einmal beobachtet. In dem Innenparenchym fällt gewöhnlich ein grösserer rothbrauner runder Körper in die Augen, der fast stets in derselben Form und Färbung vorhanden ist, weshalb ich vermuthe, dass ihm eine besondere, mir aber durchaus unklar gebliebene Bedeutung inne wohnt. Die contractilen Blasen sind in der Regel in zahlreichen kleineren Bläschen durch den ganzen Innenraum verbreitet, die in seltenen Fällen allerdings auch durch ein paar grössere ersetzt werden, ein Beweis, dass auch hier kein constantes Verhältniss bezüglich dieser Bildungen vorhanden ist. Auch die Kalkcrystalloide fehlen fast niemals, merkwürdiger Weise sind dieselben häufig in einem grüngefärbten Bläschen eingeschlossen.

III. *Amoeba granifera.* nov. spec.
(Taf. XVIII, Fig. 20.)

Die im ausgestreckten Zustande ca. 0,06 Mm. grosse Amöbe lässt wiederum stets eine deutliche Scheidung in das hyaline verhältnissmässig breite Ecto- und körnige Endoprotoplasma erkennen. Das erstere ist ziemlich weich und leicht nachgiebig, und nähert sich an Consistenz, Aussehen und Beweglichkeit durchaus derjenigen der Wasser-Amöben. Niemals treten die bei A. terricola durch die zähe Beschaffenheit der Aussensubstanz hervorgebrachten mannigfachen Falten und Linien hervor, sondern das Thierchen kriecht fliessend über die Glasfläche hin. Dabei sind die Bewegungen äusserst lebhaft und wechselnd, vorherrschend ist indessen die auf Fig. 20 dargestellte, wobei ein einziger, die ganze Körperbreite umfassender Fortsatz vorgeschoben wird. Der Innenraum zeichnet sich durch verhältnissmässig grosse dunkelglänzende Körner aus, womit das ganze Parenchym fast gleichmässig erfüllt ist. Gewöhnlich sah ich kleinere contractile Blasen und einen scharf contourirten Kern mit grossem Kernkörper. Ich fand das Thierchen nur ein paar Mal zwischen Humus und Sand an feinen Wurzelfasern von Gräsern und vermuthe, dass dasselbe in der Form und Grösse wie ich es gefunden keine ausgewachsene Amöbe repräsentirt, sondern nur einen Jugendzustand.

IV. *Amoeba gracilis.* nov. spec.
(Taf. XVIII, Fig. 21.)

Nur einmal fand ich diese in Gestalt, Bau und Bewegungen äusserst zierliche kleine Amöbe in Gesellschaft der vorigen. Beim ersten Anblick sollte man wegen der meistentheils fast schlängelnden Bewegungen glauben einen kleinen Wurm statt einer Amöbe vor sich zu haben, bald indessen überzeugt man sich, dass die vorauseilende hyaline Spitze durchaus keine schlängelnden, und wurmförmigen Bewegungen ausführt, sondern sich immer als ein neuer Fortsatz bildet dadurch, dass derselbe bald nach rechts, bald nach links durch die sich nachdrängende übrige Körpersubstanz vorgeworfen wird. Uebrigens kann diese wurmförmige Gestalt jeden Augenblick bei entgegentretenden Hindernissen etc. in eine andere übergehen, kehrt aber gewöhnlich bald wieder in die Erstere zurück.

Die dem hyalinen Fortsatz nacheilende übrige Körpersubstanz besteht aus einem blasskörnigen Protoplasma in das hin und wieder dunkelglänzende Körnchen eingestreut sind.

Das merkwürdigste bei unserm Thierchen ist aber, dass der schon früher bei Amoeba terricola weitläufig besprochene sogenannte Zottenbesatz auch hier vorkommt und zwar in Form eines rundlichen, scheibenförmigen Anhanges, der fast stets beim Vorwärtskriechen den Schluss des Hinterleibes bildet. Wie ersichtlich (Fig. 21) hat derselbe eine grosse Aehnlichkeit mit einer terminal am Hinterleibe sich befindenden Saugscheibe und in der That kann er mit einem solchen Organ, wie mir scheint, sehr treffend verglichen werden. Die rund um die Scheibe gestellten kurzen Fäden heften sich nämlich auf die Glasplatte resp. auf ihre Unterlage an, indem sie pseudopodienartig mit Leichtigkeit sich bald verlängern bald verkürzen und so beim Vorwärtskriechen mit ihren Spitzen sich ansaugend beständig von Hinten her einen Stützpunkt bieten. Im Centrum des Anhanges befindet sich eine kleine contractile Blase, die diesen Ort niemals, nach meiner Beobachtung, verlässt. Contractionen habe ich an derselbsn nicht beobachten können. Der beschriebene Anhang ist also bei unserem Thierchen bloss als ein der Locomotion dienendes Haft- und Stützorgan anzusehen. Ob dasselbe ebenfalls nur ein transitorisches ist und zeitweise abgeworfen wird, kann ich natürlich vorläufig nicht beantworten, weil mir, wie gesagt, bloss das eine Individuum bis jetzt begegnet ist. Im Innenparenchym gewahrt man ausser der erwähnten kleinen contractilen Blase im Zottenanhange noch eine zweite von ungefähr derselben Grösse. Ausserdem ist ein runder Kern mit dunkelm glänzenden Kernkörperchen vorhanden. Die Grösse erreicht im langgestreckten Zustande (Fig. 7) nicht über 0,08 Mm.

V. *Amphizonella violacea.* nov. gen. et nov. spec.
(Taf. XVIII, Fig. 12, 13, 14, 15.)

Ich glaube für diesen seltsamen Rhizopoden eine neue Gattung vorschlagen zu müssen, da er sich von den eigentlichen Amöben, abgesehen von seinen sonstigen Sonderheiten in einem der wesentlichsten Eigenschaften entfernt, nämlich dadurch, dass er nicht zu den nackten Rhizopoden gehört, sondern eine allseitig geschlossene

allerdings äusserst zarte Schale besitzt. Diese Schale oder Hülle und das Verhältniss derselben zum eingeschlossenen Thier und dessen Bewegungen sind höchst eigenthümlicher Art. Die ausgewachsenen Individuen unserer Amphizonella violacea haben circa 0,15 Mm. im Durchmesser, sind von mehr oder minder kugeliger Gestalt, von der sie selbst bei ihren Bewegungen wenig abweichen und zeigen einen hyalinen äusseren Rand und einen meist sehr schön violett gefärbten Innenkörper. Auf den ersten Blick nun sollte man glauben, das gewöhnliche Verhältniss im Bau der Amöben vor Augen zu haben, ein besonders dunkles und gefärbtes körniges Innenparenchym und eine dieses allseitig umgebende hyaline Ectosarcode. Sieht man aber genauer zu, so bemerkt man, dass diese Aussenschicht einen durchaus selbstständigen nach Aussen und Innen contourirten breiten Saum darstellt, der den eigentlichen Rhizopodenkörper gleichmässig umgibt. Ueberall im ganzen Umfang sieht man eine Abgrenzung dieses Saumes gegen den Innenraum selbst da wo sich gegen den Ersteren hyalines Protoplasma aus dem Innern hervorgedrängt hat und sich an demselben hinzieht, so dass man also hier auch eine vollständige Scheidung zwischen diesen beiden im Aussehen ähnlichen Gebilden wahrnimmt. Noch deutlicher wird das Bild, wenn man das Object einer Compression aussetzt bis zu dem Grade, dass die äussere Hülle platzt; alsdann fliesst der Inhalt ganz oder theilweise aus, und man hat ein ziemlich breites hyalines Band vor Augen, das mehr oder minder je nach den verursachten Rissen kreisförmig den früheren Inhaltsraum umschliesst.

Ebenso entschieden dokumentirt sich diese äussere Hülle als eine vollkommen eigene und von dem Innenkörper verschiedene durch das Verhalten gegen chemische Reagentien: Setzt man verdünnte Essigsäure zu, so bleibt, während der Innenkörper alsbald sein Pigment einbüsst, zusammenschrumpft und alle Zeichen der Gerinnung bietet, die äussere hyaline Kapsel vollkommen intakt, selbst wenn man die Säure concentrirter und länger einwirken lässt. Dasselbe wiederholt sich bei verdünnter Schwefelsäure, während diese Säure in concentrirter Form die Kapsel vollkommen und den Inhalt grösstentheils löst. Bei dieser Auflösung der Kapsel tritt indessen niemals vorher eine Veränderung resp. irgend ein Zeichen der Gerinnung oder dergl. ein, sondern dieselbe vergeht allmählig in demselben hyalinen Aussehen, welches sie vor der Behandlung zeigte. Auch gegen Alkalien (20procentige Lösung von Kal. hydricum)

zeigt sie anfänglich eine ziemlich dauernde Resistenz, wird indessen später vollkommen gelöst, aber ebenfalls ohne vorher in ihrem Aussehen sich verändert zu haben. Merkwürdig ist ferner das Verhalten gegen Jod. Sobald dasselbe in das Objekt in verdünnter Form eindringt, wird alsbald das violette Pigment zerstört und an dessen Stelle tritt eine anfangs hellgelbe Färbung des gesammten Inhaltes, die allmählig bei längerer Einwirkung in ein tiefes Schwarzbraun übergeht. Der äussere Saum indessen behält während dieser Zeit vollkommen sein hyalines farbloses Aussehen und bekommt bloss durch das von allen Seiten durchziehende Jod einen leicht gelblichen Schein, der aber, wenn man dasselbe mit Fliesspapier abzieht und Wasser nachströmen lässt, auch wieder verschwindet. Erst bei bleibender längerer Einwirkung wird auch die Kapsel leicht gelblich tingirt, behält indessen ihr durchsichtiges glasartiges Aussehen.

Aus allem diesem geht nun hervor, dass wir es bezüglich des fraglichen hyalinen äusseren Saumes (Fig. 12, A.) bei unserer Amphizonella nicht mit einer zum Rhizopodenkörper gehörigen Protoplasmaschicht, sondern mit einer von dem Ersteren wesentlich verschiedenen und abgegrenzten hyalinen, verhältnissmässig dicken Kapsel[1]) zu thun haben.

Was nun den von dieser Kapsel umschlossenen Inhalt resp. den eigentlichen Rhizopodenkörper betrifft, so ist derselbe mit einem meistentheils dunkelviolettem Pigment durchsetzt, das indessen häufig einen Stich ins Gelbe oder Braune annimmt und das rührt wiederum von einem zweiten diffus im Körper verbreiteten hellgelben Pigmente, das zeitweise unter später zu erörternden Umständen nach Aussen tritt. Beim natürlichen Verhalten und ohne Deckglasdruck ist wegen der dunkeln Färbung meistens wenig vom Inhalte zu erspähen mit Ausnahme der immer in grösserer Zahl vorhandenen aber kleinen Vacuolen und einem grossen runden Körper (Kern), welche Gebilde sich durch etwas helleres Aussehen aus dem Innern abheben. Der violette Farbstoff ist aber sehr empfindlich und wird durch einen schwachen Hauch von Säuren, Alkalien, Alkohol, Jod etc. alsbald zerstört und man kann dann den bedeutend heller gewor-

---

1) Nicht immer zeigt die Kapsel ein vollkommen hyalines Aussehen, zuweilen, besonders wenn das Thier abgestorben ist oder einige Zeit im Wasser suspendirt war, sind hin und wieder einige kleine dunkelglänzende fettähnliche Körnchen eingestreut.

denen Inhalt übersehen. Zuweilen gelingt es auch durch Compression den Inhalt und damit die wichtigsten Theile desselben unversehrt und frisch auszudrücken und zu isoliren. Unter den meistens sehr reichlich aufgenommenen Nahrungsstoffen, die ausser den gewöhnlichen Diatomeen etc. auch sehr häufig durch Panzer von kleinen Arcellen und Englyphen vertreten sind, fällt sehr bald der Nucleus, ein wie oben erwähnt, grosser runder Körper in die Augen (Taf. XVIII, Fig. 14). Derselbe misst circa 0,04 Mm. im Durchmesser und hat eine ziemlich weiche Consistenz. Der Bau dieses Organs nähert sich nun sehr demjenigen wie wir ihn bei Amoeba terricola oben kennen gelernt haben. Eine vollkommen hyaline Hülle (Fig. 14) umschliesst einen Raum, der ganz mit runden soliden Körnern angefüllt ist und ich habe allen Grund zu vermuthen, dass der Entwickelungsgang dieser Körner zu den jungen Amöben im Wesentlichen derselbe ist wie bei Amoeba terricola, obgleich es mir bisher nicht hat gelingen wollen, die Uebergangsformen zu beobachten. Den Jungen von Amphizonella violacea, die ich glaubte als solche feststellen zu können, fehlt merkwürdiger Weise noch die oben beschriebene hyaline äussere Schale, sie sind noch nackt, und es scheint, dass sich dieselbe erst auf einem gewissen Stadium entwickelt. Alle diese Vorgänge bedürfen indessen noch einer näheren Prüfung.

Eigenthümlich sind die Bewegungen unseres Thierchens. Die Contractionen und Formveränderungen des ganzen Körpers gehen äusserst träge von Statten und man muss mit Sorgfalt und Ausdauer zusehen, wenn man sie constatiren will. Zudem bestehen dieselben im Gewöhnlichen nur in wellenförmigen Verschiebungen und schwachen Einbuchtungen des äusseren Körperumfanges; nur ausnahmsweise geht die in der Regel rundliche Form in eine ovale über. An allen diesen allgemeinen Körperbewegungen nimmt die weiche äussere Kapsel einen steten wenn auch nur sekundären Antheil, indem sie jedem Andrängen der innern Körpersubstanz gegen den äusseren Umfang mit Leichtigkeit nachgibt.

Anders verhalten sich die Bewegungen der aus dem Innern hervorgestreckten schwert- oder fingerförmigen Pseudopodien (Fig. 12, 13, 15). Dieselben treten mit vollkommen hyaliner stumpfer Spitze heraus, nur eine einfache Contour vor sich herschiebend, niemals nach meiner Beobachtung die beiden Contouren der äusseren Hülle, ein Beweis also, dass die letztere

durch den keilförmig sich einschiebenden Fortsatz mit Leichtigkeit durchbohrt wird. Diese Thatsache wird auch noch dadurch erhärtet, dass man die Pseudopodien häufig durch die äussere Kapsel hindurch bis zu ihrer Basis resp. ihrem Ursprunge im Innern des Körperparenchyms verfolgen kann. Im Gewöhnlichen nun treten die Pseudopodien nicht über eine gewisse Länge (Fig. 12, 13 u. 15) nach Aussen und bleiben dann auf ihrer ganzen Länge hyalin, strecken sie sich indessen, was freilich selten geschieht, noch weiter nach Aussen, so strömt eine dunkel- und grobkörnige Substanz aus dem Innern in dieselben hinein, dringt aber nicht über die Hälfte der Länge hinaus. Ihre Bewegungen sind viel lebhafter wie die des Körpers im Allgemeinen; sie kommen gewöhnlich rasch hervor, aber nur wenn das Thierchen eine Zeit lang ruhig und ungestört hat liegen können, verschwinden aber auch bei jeder Beunruhigung ebenso schnell wieder.

Werfen wir nun noch einmal einen Rückblick auf die äussere Kapsel, so zeigt dieselbe, wie aus Obigem erhellt, in der That höchst merkwürdige Eigenschaften: auf der einen Seite einen ausserordentlichen Widerstand gegen äussere Einflüsse (siehe oben) und auf der anderen Seite, wie es scheint, eine sehr weiche und gallertartige Consistenz, die den Pseudopodien einen leichten Durchbruch gestattet, und ohne Zweifel, nach dem Rücktritt derselben die dadurch entstandenen Oeffnungen und Löcher ihrer Substanz alsbald durch Verschmelzungen an diesen Stellen wieder ausfüllt. Bezüglich des letzteren Punktes, nämlich der leichten Verschmelzbarkeit der Kapselsubstanz unter sich, habe ich noch eine eigenthümliche Beobachtung mitzutheilen, die zu gleicher Zeit von anderweitigem Interesse ist, auf deren definitive Erklärung ich indessen vorläufig verzichten muss. Es betrifft das eine allerdings nur ein einziges Mal gesehene höchst sonderbare Verschmelzung oder ein festes Aneinanderhängen zweier Individuen, wie ich es in Fig. 15 dem natürlichen Befunde gemäss dargestellt habe. Bloss die Kapseln sind mit ihren Rändern aneinandergelegt resp. hier vollständig miteinander verschmolzen, während die beiden Innenkörper noch frei und ohne direkte Verbindung sind. Diese letztere wird aber auf indirekten eigenthümlichen Wege vermittelt durch eine von einem Individuum zum andern tretende Commissur von hellgelber hyaliner Substanz, deren schon oben als eines zeitweise im Innern auftretenden Pigmentes Erwähnung geschah. Diese Commissur entspringt beiderseits mit breiter Basis fast den halben

Umfang der Innenkörper umgreifend mit dem Anscheine, als ob sie aus denselben ausströmte, und bildet an ihrer Vereinigungsstelle eine schmalere, die hyaline Kapselsubstanz durchsetzende Brücke. Es fragt sich nun, welche Bedeutung diesem merkwürdigen Objekte beizumessen ist, ob dasselbe ein in der Zweitheilung begriffenes Individuum repräsentirt oder einen unter dem Namen der Conjugation oder Zygose auch schon bei anderen Rhizopoden beschriebenen Akt der Befruchtung. Obgleich ich nun vorläufig weder das eine noch das andere wegen Mangels weiterer den Gegenstand betreffender Beobachtungen beweisen kann, so möchte ich mich doch am ehesten der letzteren Deutung als Zygose zuwenden, da ich, wie schon oben erwähnt, die Jugendformen unseres Rhizopoden beobachtet haben, die sich ausserdem durch den Mangel der äusseren hyalinen Kapsel auszeichnen. Aus diesem und anderen Gründen (die oben beschriebene Beschaffenheit des Nucleus) glaube ich für Amphizonella violacea eine geschlechtliche Vermehrung, oder vielmehr eine Erzeugung junger Brut im Innern des mütterlichen Körpers und keine Fortpflanzung durch Quertheilung annehmen zu dürfen. — Das Vorkommen stimmt fast vollkommen mit dem bei Amoeba terricola beschriebenen überein, in deren Gesellschaft man unser Thierchen acuch meist antrifft, nur im Ganzen bei weitem seltener.

VI. *Amphizonella digitata.* nov. spec.
(Taf. XVIII, Fig. 18.)

Ich glaube mit diesem Rhizopoden, der mit dem vorhergehenden auch dasselbe Vorkommen theilt, einen zweiten Repräsentanten der Gattung Amphizonella einführen zu können, da er im Wesentlichen dieselben Charaktere des Baues und der Bewegungen bietet: eine überall geschlossene hyaline äussere Hülle oder Kapsel mit den durch die letztere hervortretenden kleinen äusserst blassen fingerförmigen Fortsätzen. Bei Amph. digitata tritt die Scheidung des hyalinen Rhizopoden Protoplasma's von dem äusseren Kapselsaum viel deutlicher zu Tage, da das Erstere die körnige Innensubstanz in mehr oder minder breiter Schicht umschliesst. Die Bewegungen sind viel lebhafter und zeichnen sich dadurch aus, dass meistens zuerst breite noch von dem äusseren Saum umfasste hügelförmige Fortsätze vorgeschoben werden, an deren Enden dann die kleinen fingerförmigen Pseudopodien hervortreten (Fig. 18). Das körnige

Innenparenchym zeigt zum grössten Theil eine grobkörnige Substanz, die indessen in eine äusserst feinkörnige eingelagert scheint. Im Innern gewahrt man stets einen grossen runden Nucleus mit ebenfalls verhältnissmässig grossem und scharf contourirtem Kernkörper, und ausserdem meistens eine grosse und ein paar kleinere contractile Blasen. Auch die schon häufig erwähnten Kalkkrystalloide fehlen fast niemals. Das Thierchen erreicht einen Durchmesser von circa 0.1 Mm.

VII. *Amphizonella flava.* nov. spec.
(Taf. XVIII, Fig. 19 a u. b.)

Obgleich ich anfangs über die Stellung dieses Thierchens geschwankt habe, so möchte ich dasselbe doch vorläufig der Gattung Amphizonella anschliessen. Es ist nämlich ebenfalls von einer Hülle aber von einer viel festeren und, wie es scheint, einer eigentlich häutigen Schale rings umschlossen. Diese Schale ist dann, leicht gelb gefärbt und schliesst sich nicht wie bei den beiden eben beschriebenen Arten dem eigentlichen Rhizopodenkörper direkt an, sondern legt sich wie ein weiter Sack lose um denselben herum und folgt so den Contractionen und Formveränderungen des Innenkörpers soweit dieselben seine Wandungen berühren, aber stets mit einer gewissen Zähigkeit. wodurch fortwährend wechselnde Falten und Linien die Oberfläche überziehen. Nichts desto weniger besitzt die Haut eine ausserordentliche Dehnbarkeit, so dass sie zuweilen durch andrängende Fortsätze des Innenkörpers zu einer äusserst dünnen und zarten Schicht ausgedehnt wird, die bis zu dem Grade fortgesetzt werden kann, dass die Haut an dieser Stelle vollkommen weiss erscheint, während sie in ihrem gewöhnlichen Zustande, wie schon erwähnt, gelb tingirt ist. Zuweilen sah ich auch aus dem Innern blasse hyaline Fortsätze gegen die äussere Kapsel andringen, ob die letztere aber hierdurch und auf die oben beschriebene Weise durchbrochen wird, konnte ich durch Beobachtung nicht mit Bestimmtheit feststellen. Es scheint indessen unzweifelhaft und sogar nothwendig, dass die fragliche Haut in der That eine solche Dehnbarkeit und Elastizität besitzen muss, dass sie durch die gegen sie andrängenden Körper schliesslich durchbrochen wird, sei es von Aussen nach Innen durch Nahrungsaufnahme, sei es durch hervorgestreckte

Pseudopodien. Aber ebenso unzweifelhaft und nothwendig ist es auch, dass später wieder, sowohl hinter den im Innern gedrückten Nahrungstheilen, wie nachdem die Pseudopodien wieder eingezogen sind, die entstandenen Lücken durch die Elastizität und leichte Verschmelzbarkeit der Haut sofort wieder ausgefüllt werden.

Einen Nucleus vermochte ich im Innern des körnigen Parenchyms nicht zu finden, wohl aber einige kleine contractile Blasen.

Das Thierchen erreicht durchschnittlich einen Durchmesser von nur 0,04 Mm.

VIII. *Arcella arenaria.* nov. spec.

(Taf. XVIII, Fig. 16.)

Diese im Sande unter Moosen, Flechten etc. nicht allzu häufig vorkommenden und durchschnittlich 0,1 Mm. grosse Arcella hat in in Form und Färbung viele Aehnlichkeit mit der im Wasser lebenden Arcella vulgaris, unterscheidet sich aber von der letzteren durch den Mangel jedweder regelmässigen Zeichnung auf der Oberfläche des Gehäuses. Sie scheint vielmehr vollkommen glatt zu sein. Nur zuweilen sieht man einige Sandstückchen, aber wahrscheinlich bloss zufällig ihr ankleben.

Die Farbe ist im frischen Zustande gewöhnlich ein tiefes Braun, geht aber bei den leeren Gehäusen in Gelb über.

Die Form des im Allgemeinen, wie es scheint, ziemlich dünnen Gehäuses ist durchschnittlich ungefähr dieselbe wie bei Arcella vulgaris, erhebt sich aber gewöhnlich nicht so hoch mit ihrem Scheitel, sondern ist mehr abgeplattet und auf der oberen Fläche gleichmässiger abgerundet. Indessen ist auch dieses, wie A. vulgaris, häufigem Wechsel unterworfen.

Die Pseudopodien bestehen in mannigfach gestalteten, aber vorzugsweise finger- oder lappenförmigen ganz hyalinen Fortsätzen, die gewöhnlich an ihren Enden noch besondere Spitzen austreiben, so dass sie wie gezackt erscheinen. Die Bewegung des Protoplasma's ist sehr lebhaft und die Zahl der ausgestreckten Pseudopodien beträchtlich, so dass häufig der ganze Kreisumfang damit umstellt ist.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. XVII.

Fig. 1. Eine Amoeba terricola in ruhendem und contrahirtem Zustande bei schwacher Vergrösserung.

» 2 und 3. A. terricola unter dem mässigen Druck eines Deckgläschens bei stärkerer (circa 300facher) Vergrösserung, in lebhafter Bewegung begriffen.

a. contractile Blase.

b. Nucleus.

» 4. A terricola erfüllt mit dem aus den Nucleus entstandenen Keimkörnern für die jungen Amöben.

a. contractile Blase.

b. Keimkörner.

c. In einem Bläschen eingeschlossene Kalkkrystalloide.

» 5. a—f. Entwicklungsstadien des Nucleus von A. terricola.

» 6. a—i. Entwicklung der jungen Amöben aus den Keimkörnern.

» 7. Weiter entwickelte Jugendformen von Amoeba terricola.

» 8. Amoeba terricola mit Zottenanhang d und den eigenthümlichen mit haarförmig geschlängelten Fäden erfüllten Körpern (Spermatozoiden) c—b. Nucleus. a. contractile Blase.

» 9. A. terricola mit vorgeschobenem Zottenanhang d.

Taf. XVIII.

» 10. A. terricola im Begriff den abgestreiften Zottenanhang (d) abzuwerfen.

» 11. Jugendform von A. terricola mit dem sich bildenden Zottenanhang.

» 12 und 13. Amphizonella violacea. a die äussere hyaline Kapsel.

» 14. Nucleus von A. violacea.

» 15. Zwei miteinander vermittelst der Kapselsubstanz und einer von beiden Körpern ausgehenden Commissur von gelb-hyaliner Substanz verschmolzene Individuen von A. violacea (Zygose?)

» 16. Arcella arenaria.

» 17. Amoeba brevipes in der Theilung begriffen. a. der in die Theilungslinie gerückte ebenfalls halbirte Nucleus.

» 18. Amphizonella digitata.

» 19. Amphizonella flava.

» 20. Amoeba granifera.

» 21. Amoeba gracilis.

Beiträge zur Naturgeschichte der Infusorien.

Von

Dr. W. Zenker.

Hierzu Taf. XIX.

1) Ueber die pulsirende Blase.

Die pulsirende Blase oder, wie sie weniger bezeichnend meistens genannt wird, die contractile Blase ist einer derjenigen Gegenstände aus der Anatomie der Infusorien, welche die meisten Controversen unter den Zoologen veranlasst hat. Sie ist eines der verbreitetsten und auffallendsten Organe des Infusorienkörpers und kommt bei den meisten Infusorien einzeln, bei vielen auch doppelt und mehrfach vor [1]). An einer constanten Stelle des Thieres bemerkt man ein Bläschen mit hellem, etwas röthlichem Inhalt, welches sich in rhythmischer Wiederkehr zuerst allmählich erweitert, dann plötzlich bis zum völligen Verschwinden zusammenfällt, bald aber wieder da ist, um das Spiel von Neuem zu beginnen. Der Rhythmus dieser meist sehr deutlichen Pulsationen kann schneller oder langsamer sein; ja bei manchen Thieren, z. B. Actinophrys Eichhornii, ist er wechselnd, so dass es bei diesen dann oft ausserordentlich ermüdend sein kann, das Zusammenfallen des Bläschens abzuwarten.

Jedenfalls treibt die pulsirende Blase ihren Inhalt, der ihr aus dem Körpergewebe zugeflossen ist, aus sich heraus; es fragt sich nur, ob nach Innen, d. h. wieder in die übrigen Theile des Infusorienkörpers, oder nach Aussen, d. h. in das umgebende Wasser. Im

1) Am zahlreichsten wohl bei Amphileptus anser Ehr., wo 10—50 pulsirende Blasen 2 Längsreihen bilden von einem Ende des Körpers bis zum andern. Ihre Pulsationen folgen einander abwechselnd von Vorn nach Hinten.

ersteren Falle ist sie, wie Wiegmann zuerst 1835 aussprach, ein Circulationsorgan, im letzteren ein Excretionsorgan.

Der letzteren Partei gehört besonders Ehrenberg an, der die Ansicht aufstellte, ihr Secret sei Samen. Diese Ansicht, welche wohl durch die ungeheure Vermehrung der Infusorien veranlasst war und der Theorie von der generatio aequivoca entgegentreten sollte, darf wohl längst als widerlegt betrachtet werden, besonders seitdem unzweifelhaft bewiesen worden ist, dass die Infusorien sich der Fortpflanzung halber conjugiren. Ein so umständliches Verfahren wäre nicht zu begreifen, wenn die Befruchtung so bequem in jedem Augenblicke und von den ersten Lebensstadien an bewirkt würde. An diese Auffassung anschliessend brachte Oscar Schmidt (Frorieps neue Notizen 1849) die erste bestätigende Beobachtung an Bursaria leucas von dem wirklichen Vorhandensein einer Oeffnung nach Aussen und einer daraus zu folgernden Entleerung des Inhalts der pulsirenden Blase in's umgebende Wasser. Seine Darstellung ist klar und deutlich und wirkt so überzeugend, als hätte man den Fall selbst beobachtet, was mit entsprechenden mikroskopischen Hülfsmitteln allerdings nicht schwer ist.

Dennoch gewann seit den wichtigen Arbeiten von Stein, von Lieberkühn und von Claparède und Lachmann die entgegenstehende Ansicht fast allgemeine Geltung und Oscar Schmidt's Beobachtung wurde mit misstrauischen Blicken als optischer Irrthum angesehen.

Definitiv sollte der Zwiespalt entschieden werden durch Claparède's Beobachtung an einem nicht wimpernden Thier, dem Actinophrys Eichhornii (Müller's Archiv 1854). In dem umgebenden Wasser wurde bei dem plötzlichen Zusammenfallen der weit hervorstehenden Blase keine Bewegung an den suspendirten Körnchen sichtbar; mithin musste das Wasser nicht nach Aussen sondern nach Innen getreten sein und folglich war die pulsirende Blase ein Circulationsorgan.

Ich fühle mich im Stande, diese seither acceptirte Ansicht zu widerlegen. Auch soll Lachmann noch in den letzten Tagen seines Lebens in dem naturforschenden Verein für Rheinland und Westphalen die Umänderung seiner Meinung ausgesprochen haben.

Zunächst ist nämlich die Behauptung falsch, dass ein Ergiessen der pulsirenden Blase nach Aussen eine sichtbare Bewegung der umgebenden suspendirten Körnchen bewirken müsse. Wäre der Inhalt

der Blase Luft, comprimirt wie sie in Blasen ist, oder wäre die Energie des Hervorstossens eine sehr grosse, dann würde dies richtig sein. Sobald aber die Blase Wasser enthält, dessen Compressibilität so gut wie 0 ist, und auf welches auch kein grosser Druck ausgeübt wird, so fällt der Anstoss, der in der Ausdehnung der eingeschlossenen Flüssigkeit oder der benachbarten Körpertheile lag, völlig fort. Entsteht in der zarten äusseren Membran der pulsirenden Blase plötzlich ein Loch und diese sinkt darnach zusammen, so nimmt das nun entäusserte Wasser einfach denselben Raum ein, den zuvor die Blase selbst eingenommen hatte. Die einzige Bewegung, die das Wasser der Blase dabei zu machen hat, besteht darin, dass es sich durch die mehr oder weniger weite Oeffnung drängt, um sich aussen sogleich wieder nach verschiedenen Seiten hin auszubreiten und die durch das ziemlich langsame Einsinken der Membran entstehende Leere auszufüllen. Die Bewegung der Flüssigkeit bleibt also auf den Raum beschränkt, den zuvor die pulsirende Blase selbst einnahm, sie ist wirbelförmig und durchaus nicht heftig. Nur an äusserst zarten und sehr nahe befindlichen suspendirten Körperchen wird es daher möglich sein, eine geringe Bewegung wahrzunehmen.

Dies ist mir denn allerdings auch gelungen. Man wähle unter den auf dem Gläschen liegenden Exemplaren von Actinophrys Eichhornii ein solches zur Beobachtung, bei welchem die pulsirende Blase zwar im Profil, aber doch etwas nach oben gekehrt liegt. Man ist dann sicher, die ganze Blase zu überblicken, während, im reinen Profil gesehen, oft ein grösserer Theil abgewandt liegt, als man glaubt. Verfolgt man nun das Spiel der Systole und Diastole, so kann man sich überzeugen, dass unmittelbar vor der Systole in der äusseren Wand der Blase eine Oeffnung entsteht, und zwar stets an demselben Punkt, und dass während des Zusammensinkens dieser Wand die freien Ränder der Oeffnung nach Aussen flattern.

In dieser Beobachtung, deren Correctheit schwerlich durch »optische Täuschungen« wird bemängelt werden können, liegt der direkte Beweis, dass die zuvor in der Blase enthaltene Flüssigkeit bei der Systole nach Aussen in's Freie tritt.

Durch etwas anhaltende Beobachtung überzeugt man sich leicht von dem einfachen Vorgang, der beim Oeffnen der Blase stattfindet. Die Oeffnung ist nämlich nichts weiter als ein Riss, der

nur immer wieder an derselben Stelle eintritt, weil die Vernarbung des vorherigen noch immer die schwächste Stelle bleibt. Ist die Blase zusammengesunken, so währt es eine ziemliche Weile, ehe man wieder auch nur eine Spur davon sieht. Wir müssen die Absonderung von Flüssigkeit nach der Blase hin doch wohl für continuirlich halten und daher vermuthen, dass eine gewisse Zeit hindurch der Abfluss nach Aussen offen steht. Erst wenn der Riss ganz und gar geschlossen ist, hebt sich die Blase wieder empor. Stellt man nun den Focus des Mikroskops genau auf die Ebene des Risses, so erkennt man deutlich, dass die Wände der Blase an jener Stelle sehr dünn sind, in einiger Entfernung aber viel stärker. Je höher sich die Blase hebt, desto klarer tritt dieser Unterschied hervor. Niemals habe ich aber eine deutliche elastische Ausdehnung, wie von Kautschuk, wahrnehmen können. Man erwartet schon nichts anderes, als dass bei weiterem Anspannen an jener dünnsten Stelle die Blase reisst, wie es denn auch erfolgt. Dann aber flattern beim Zusammenfallen der Blase die Ränder des Risses nach Aussen. (S. Anmerkung 1.)

Bei den eigentlichen wimperhaarigen Infusorien gibt sich bereits eine höher stehende Organisation zu erkennen, obwohl der Vorgang im Wesentlichen derselbe ist. Von diesen eignen sich die von Oskar Schmidt gewählten Thiere (Bursaria leucas und Paramaecium aurelia) ganz besonders zur Beobachtung, weil sie sich, ohne zu zerfliessen, längere Zeit durch leichte Deckgläschen festhalten lassen. Auch sind sie es, bei denen von der pulsirenden Blase eine Anzahl (5—8) geschlängelter Gefässe ausstrahlen, deren engere und engere Verzweigungen sich über beide Seiten der Körperoberfläche verfolgen lassen. Diese Gefässe wurden von Wiegmann und ihm folgend von v. Siebold für die Träger eines oscillirenden Blutlaufs angesehen, weil sie unmittelbar nach der Systole der Blase selbst sehr von Flüssigkeit strotzen. Dies macht allerdings leicht den Eindruck, als fände die Bewegung der Flüssigkeit aus der Blase nach den Gefässen zu statt.

Legt man indessen eine Bursaria leucas so auf die Seite, dass die pulsirende Blase in grösster Entfernung von der Körperaxe erscheint, so erkennt man zweifellos, dass sie dicht unter der Haut liegt und dass sie bei jeder Systole nach Aussen hin zusammenschrumpft. Dasselbe ist übrigens mit wenigen Ausnahmen, wie z. B. Vorticellen, auch bei allen andern Infusorien der Fall. Nirgends

aber sieht man die Flüssigkeit nach dem Innern des Körpers entweichen; man ist daher genöthigt, ein Loch nach Aussen anzunehmen.

Dies Loch wird sichtbar, wenn man das Thier so wendet, dass die Blase in der Körperaxe zu liegen scheint, so dass man also von Innen oder von Aussen in sie hineinsieht. Alsdann bemerkt man genau in der Mitte der Blase, deren Bild ein Kreis ist, einen kleineren Kreis mit scharfen Rändern, die sich im schiefen Licht besonders deutlich zeigen, der etwas bläulichgrau erscheint. So bleibt er während der ganzen Diastole, auf deren Gipfelpunkte er plötzlich seine Farbe in ein ebenso blasses Roth verwandelt, wie die übrige Blase hat, und von diesem Augenblick an fällt die Blase zusammen.

Die Oeffnung ist demnach hier constant vorhanden; aber bei sorgfältigem Heben und Senken des Mikroskops erkennt man eine zähflüssige sehr zarte Masse, von der sie während der Diastole bedeckt und geradezu verklebt ist. Ich habe oft gesehen, wie diese erst nach beiden Seiten auseinander riss, ehe die Blase zusammenfiel und das Loch den röthlichen Schein annahm.

Durch die Gegenwart dieses Klebstoffes wird der Vorgang in seiner eigenthümlichen Einfachheit völlig klar. Während der Diastole drängt die durch die Gefässe heranströmende Flüssigkeit die umgebende Körpersubstanz gleichförmig nach allen Seiten zurück. Je weiter die Körpersubstanz zurückgeschoben wird, desto stärker wird auch die an ihr haftende Membran des Klebstoffs gespannt, bis sie plötzlich nach beiden Seiten hin auseinanderreisst. Sogleich nehmen nun die vorher zurückgedrängten Theile ihren alten Platz wieder ein, d. h. die Blase stürzt zusammen und bleibt so lange unsichtbar, wie sie offen ist, d. h. bis der Klebstoff die Oeffnung wieder verschlossen hat.

Bei dem Einstürzen der Blase schliessen sich die heranführenden Gefässe, weil die umgebende Körpersubstanz aus der Peripherie einer eben noch grossen Blase in die einer sich verengenden getrieben, sich eng zusammen pressen und alle Lücken schliessen muss. Die Folge davon ist, dass die Gefässe nun aufgeschwellt werden von der aus ihren Zweig- und Capillargefässen ununterbrochen herandrängenden Flüssigkeit. Jedenfalls werden sie auch verklebt, wie es sich kundgiebt an der Gewaltsamkeit und der nicht absoluten Gleichzeitigkeit ihres Durchbruchs.

Der angeführte Farbenwechsel bezeichnet einfach das Vorhandensein oder Fehlen des klebenden Schleims über der Oeffnung. Man kann übrigens das Pulsiren völlig verhindern, wenn man das Thierchen längere Zeit in einer nur dünnen Wasserschicht unter einem Deckgläschen liegen lässt, dessen Druck dann endlich jede Bewegung verhindert. Die Blase bleibt dann auf $^2/_3$—$^3/_4$ angefüllt stehen, die strahligen Gefässe sind dauernd offen und ebenso die Ausflussöffnung. Nun ist also keine Möglichkeit einer oscillirenden Blutbewegung, sondern dauernde gleichförmige Absonderung.

So sehen wir also in beiden Fällen das Schliessen der Blase durch einen klebenden Stoff vollbracht und dieser ersetzt die bei höher organisirten Thieren zu solchen Zwecken angewandten Schliessmuskel. Man könnte versucht sein, ihn in beiden Thieren als analog anzusehen, d. h. als ungeformtes Protoplasma, ein Ausdruck, den ich von Max Schultze adoptire und der bei Actinophrys gewiss der richtige ist. Bei den wimperhaarigen Infusorien scheint es mir jedoch richtiger, in dem Klebstoff ein wirkliches Absonderungsprodukt zu sehen, da man sich namentlich bei dem grossen Spirostomum ambiguum leicht überzeugen kann, wie häufig schleimige Absonderungen aus der Körpersubstanz in den Hohlraum der dort sehr grossen pulsirenden Blase erfolgen und wie sie dann von dieser ausgestossen werden. Bei dem Anblick dieses Thieres ist es geradezu unglaublich, dass man die Existenz einer Oeffnung nach Aussen so lange hat bezweifeln können.

Nachdem so der Beweis der Oeffnung und vollständigen Ergiessung nach Aussen geführt ist, fällt die Theorie von selbst, welche die pulsirende Blase als Blutcirculationsorgan, als ein Herz betrachtete. Es fragt sich nun aber von Neuem, was für eine Flüssigkeit es ist, die dort fortwährend ausgestossen wird. Sie ist völlig klar und erscheint sehr blass röthlich. Dieser letztere Umstand mag wohl die Zoologen veranlasst haben, die Flüssigkeit für Samen oder für Blut zu halten. Meines Wissens hat ebenfalls Oscar Schmidt zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass auch das Wasser neben dem Infusor röthlich erscheint wegen des Contrast's zur bläulichen Farbe des Thieres. Jeder Grund fällt daher fort, wesswegen man die abgesonderte Flüssigkeit nicht für wirkliches Wasser halten sollte und wenn man die ungeheuere Quantität der Absonderung berücksichtigt, so kann man darüber nicht mehr im Zweifel sein. Allerdings mag diesem wohl ein sehr geringer Gehalt an Eiweiss-

stoffen hin und wieder beigemischt sein (wie man dies an Spirostomum ambiguum beobachten kann).

Wasser allein kann ohne Schaden für den Organismus in so grossen Mengen abgesondert werden. Die Infusorien können durch ihren Mund fortdauernd beliebig grosse Mengen Wasser aufnehmen, und ihre Leibeshöhle ist ja auch durchaus mit Wasser angefüllt. Ebenso sind sie rings von Wasser umgeben, das möglicherweise in ihre Haut einzudringen vermag, wenn wir auch einstweilen die Canäle nicht sehen. Jedenfalls wird es wichtig sein, sich über die verschiedenen Möglichkeiten klar zu werden, da es sich hier um den lebhaftesten Stoffwechsel handelt, der im Körper der Infusorien vorkommt.

Für die Rhizopoden, von denen ja auch viele eine pulsirende Blase haben, kann gar kein Zweifel sein, dass hier die äussere Oberfläche des Thieres oder ein Theil derselben der Ort der Imbibition ist, da ein Mund nicht existirt. Und dasselbe gilt von den Opalinen, jenen mundlosen Infusorien, welche im Mastdarm der Frösche so reichlich vorkommen, und die eine ganze Reihe pulsirender Blasen haben. Im Gegensatz dazu muss man wohl annehmen, dass, wo eine härtere Körperbedeckung bei den Infusorien vorkommt, diese nicht geeignet ist, Wasser aufzusaugen; dies würde z. B. stattfinden an dem Mantel der Vorticellen und der Acineten und hier sind es sicher wohl nur der Mund oder die ihn ersetzenden Organe, durch die das Wasser eindringt.

Jedenfalls zeigt die weite Verbreitung und feine Verzweigung der strahligen Gefässe bei Bursaria leucas, dass das Wasser aus allen Theilen der Körperhülle sich sammelt, d. h. dass es den ganzen Leib durchfliesst. Ist dieser doch auch, summarisch ausgedrückt, nur eine Hülle um die grosse Leibeshöhle, in welche fortdauernd lebhafte Wasserstrudel eindringen. Wenn diese Ausbreitung der Gefässe auch nur bei wenigen Infusorien mit derselben Deutlichkeit hervortritt (Paramaecium aurelia, Nassula elegans), so zeigen doch noch andere hin und wieder Andeutungen ähnlicher capillarer Gefässe (Spirostomum ambiguum) und dies leitet dahin, dieselbe Verbreitung auch bei andern bewimperten Infusorien anzunehmen.

Alles führt darauf hin, in diesen Vorgängen mit Spallanzani und Dujardin (Hist. nat. des Infusoires p. 109) eine Art Athmungsprocess zu erkennen. Mag das Wasser durch den Mund oder durch die Haut eindringen; schwerlich wird es den Leib des Infusors in

so capillarer Vertheilung durchfliessen, ohne darin irgend einen Stoff zurück zu lassen, und dieser kann nach aller Analogie nur der im Wasser absorbirte Sauerstoff sein. Wir finden hier also einen Athmungs-Apparat, den wir mit den Kiemen der Fische oder anderer Thiere vergleichen können. Bei allen diesen Apparaten ist der Abfluss des verbrauchten Wassers immer besonders wichtig und für diesen sorgt die contractile Blase. Nur darin liegt ein Unterschied gegen die Kiemen anderer Thiere, dass bei diesen der Wasserstrom durch mechanische Vorrichtungen herangeführt wird und an der Oberfläche bleibt, während nur der Sauerstoff eindringt. Hier aber dringt das ganze Wasser ein und geht durch die Körpersubstanz hindurch. Auch fehlt jeder sichtbare mechanische Apparat, wenn man sich nicht der Meinung bequemen will, dass der durch die Wimpern des Mundes erzeugte Wasserstrom kräftig genug sei, um das Wasser durch die Körpergewebe hindurch und durch die pulsirende Blase hinaus zu treiben. Vorzüglich bei Thieren wie Actinophrys würde uns diese Theorie völlig im Stich lassen. Es kann also die treibende Kraft nur chemischer Natur sein und ich sehe mich, um mir den Process zu veranschaulichen, zu der Hypothese geführt:

»dass das sauerstoffreiche Wasser von dem Gewebe des In-
»fusorienkörpers stärker angezogen werde als das sauerstoff-
»arme.«

Dies angenommen, ist es klar, warum stets das sauerstoffarme Wasser vom sauerstoffreichen verdrängt, das eine aufgenommen, das andere abgeschieden wird.

Ich schicke diese Hypothese nicht gern in die Welt, ohne durch ein Experiment ihre Richtigkeit zu prüfen; doch war es mir bisher nicht möglich. Zu ihrer Befestigung würde erforderlich sein, analoge Verhältnisse experimentell herzustellen. Diese wären vorhanden, wenn z. B. ein Kohlencylinder innen reines Wasser enthielte und in Wasser stände, das reich an schwefliger Säure wäre. Es liesse sich alsdann vermuthen, dass so lange das schwefligsaure Wasser angezogen, das reine emporgedrängt würde, bis die Absorptionskraft der Kohle erloschen wäre.

Ich kann nicht umhin, hiebei an die merkwürdige Wirkung zu erinnern, welche das Wasser auf die Körpersubstanz der Infusorien ausübt, sobald diese durch eine Verwundung der schützenden Bedeckung beraubt ist. Die hervorragenden Theilchen schwellen mehr

oder weniger sichtbar an, bis plötzlich die ganze Masse auseinander birst, wobei die abgelösten Stückchen weit fortgeschleudert werden. Den zuerst fortgeschleuderten Theilchen folgen bald die dahinter liegenden, welche bisher durch sie geschützt waren, bis das ganze Thier sich in dieser Weise aufgelöst hat. Wir müssen uns also vorstellen, dass auch hier fortdauernd Wasser von Aussen aufgesogen und nach Innen abgeschieden wird. Aber es fehlt der normale Weg dazu. Darum schwellen zunächst die Elementartheile der Körpersubstanz an, soweit ihre Elasticität es erlaubt. Ueber diese Grenze getrieben, bersten sie entzwei und treiben mit der nun entfesselten elastischen Kraft das eingeschlossene Wasser lebhaft heraus, wodurch sie selbst fortgeschleudert und überhaupt die angegebenen Erscheinungen bewirkt werden. Der Kern der Infusorien erhält sich länger in seiner Gestalt, als die übrigen Körpertheile, zerplatzt aber endlich auch. Die Athmung ist also auch hier vorhanden, aber geringer, und damit stimmt überein, dass bei den Embryonen, z. B. der Acineten, die pulsirende Blase einem viel langsameren Rhythmus folgt als in den Mutterthieren.

In dieser Weise scheint mir ein Athmungsprocess erklärt werden zu müssen, für den es an sichtbaren mechanischen Organen fehlt.

---

2) Ueber Acineta ferrum equinum und den Stiel der Vorticellen.

In seiner Dissertation De infusorium imprimis vorticellorum structura, Berol. 1855, gibt Lachmann eine Darstellung der Acineta ferrum equinum Ehr., an welcher er zuerst deutlich das Einsaugen von Nahrungsstoffen durch die Arme beobachtete. Diese schöne Acinetenart, die er an Wasserlinsen fand, habe ich sehr reichlich epizoisch auf einigen Cyclopsarten gefunden, besonders auf Cyclops coronatus Claus. Nach der Vergleichung von Lachmann's Abbildungen und Text kann ich sie wenigstens nur dafür halten. Sie sitzt oft dicht gedrängt an den Cyclopen fest, besonders um den Mund und die Antennen herum, ein jedenfalls sehr zweckmässig gewählter Platz, von welchem aus sie dem Clycopen so manches zarthäutige Infusor wegschnappt. Man findet sie daher dort meistens so wohlgenährt, dass von den Hohlräumen an der Wurzel der Fühler,

wie Lachmann und Stein (Die Infusorien auf ihre Entwickelungsgeschichte untersucht; als Acineta diadema) sie abbilden, Nichts zu bemerken war.

Diese epizoischen Infusorien (Fig. 1) befestigen sich an dem Chitinpanzer des Cyclops durch einen Stiel (st), der schon bei jungen Thieren zu seiner vollen Länge c. 0,20 Mm. und fast auch zur vollen Dicke c. 0,02 Mm. auswächst. Er ist anfangs farblos, hell und schwach lichtbrechend, hat aber später ganz das Ansehen fester Chitinsubstanz mit einem Stich ins Gelbe. Dann ist seine Lichtbrechung sehr stark und in Folge davon erscheint er fälschlich wie längsgestreift. Der Stiel ist meist leicht Sförmig gebogen, solid, starr und an der Anheftungsstelle (am Cyclops) tellerförmig erweitert.

Der eigentliche Körper (A), den der Stiel trägt, ist beinahe kugelförmig und von einer steifen Haut (h) umschlossen, deren doppelte Contouren man leicht erkennt und die nur einzelne weiche Stellen hat, wo der Stiel sich ansetzt oder die Arme entspringen. Auch sie erhärtet mit zunehmendem Alter der Thierchen mehr und mehr. Man erkennt im Allgemeinen keine Struktur an ihr, sie scheint nur eine homogene Absonderung der unter ihr liegenden weichen Körpertheile zu sein. Nur in der Nähe der pulsirenden Blase und vielleicht nicht ohne Beziehung zu ihr scheint sie dicht von kleinen Kanälchen durchbohrt zu sein (Fig. 2).

Im Innern erkennt man ausser einer feinkörnigen, trüben, leicht wolkigen Körpersubstanz als Organe nur die pulsirende Blase (bl) und den Kern nebst der Bruthöhle (e). Die Blase pulsirte bei frischen Thieren sehr regelmässig in der Minute 3mal, bei kranken Thieren langsamer, bei einem Thier, das noch keine Arme hatte, nur 1mal. In einzelnen Fällen habe ich mehrere pulsirende Blasen beobachtet, bei denen dann die Systole gleichzeitig eintrat.

Nahrungsstoffe liessen sich im Innern nicht wahrnehmen, ein Beweis, dass dieselben im Zustande feinster Vertheilung aufgenommen werden. Dagegen waren oft Fetttröpfchen vorhanden, jedenfalls in Zeiten reichlicher Nahrung als Reserve für knappere vom Körpergewebe ausgeschieden. Eine kreisförmige Herumwälzung des Leibesinhalts, wie sie bei anderen Infusorien stattfindet, konnte ich nicht erkennen.

Der Kern dieser Infusorien ist nahezu hufeisenförmig, wie er von Stein und Lachmann dargestellt wird. Wo sich bei älteren Individuen aus ihm ein Embryo entwickelt, da liegen diese gegen-

über der Anheftung des Stieles in einer Höhlung, dicht unter der Schale, welche von einer deutlichen doppelt contourirten Haut umgrenzt ist. In dieser Höhlung dreht sich der etwa eiförmige Embryo sehr munter um seine Längsaxe mit Hülfe der Wimpern, die seine ganze Körper-Oberfläche gleichmässig zu bedecken scheinen. Trocknet das Wasser auf dem Objektträger mehr und mehr ein, so wird die Bewegung langsamer bis zum Stillstehen; sie nimmt indessen sogleich wieder ihre frühere Heftigkeit an, sobald eine neue Zufuhr von Wasser die Pressung aufhebt: ein Beweis, dass die lederartige Kapsel elastisch ist.

Endlich öffnet sich die Schale dem Embryo, die Körpermasse drängt ihn mehr und mehr nach Aussen und nach Verlauf einer Minute schwimmt er als freies Infusor sehr lebendig aber in höchst planlosem Zickzack im Wasser herum. Mit dem jungen Thier kommt ein Theil der Höhle hervor, der von der sich wieder schliessenden Schale festgeklemmt, wie ein Paar Lappen (l) aussieht und so noch eine kurze Zeit lang den Ort bezeichnet, wo die Geburt stattgefunden hatte. Ob jede spätere an demselben Orte geschieht, habe ich nicht durch Beobachtung feststellen können, vermuthe es aber. Auch habe ich nie mehr als einen Embryo in einer Acineta gesehen.

Das Junge (E) entschwindet trotz aller Vorsicht bald den Blicken. Wahrscheinlich setzt es sich bald wieder fest, bildet (J) erst den Stiel und dann einen Arm nach dem andern. Bei den kleinsten gestielten Thieren, die nur einen oder noch gar keinen Arm haben, war der Leib nicht grösser als bei den Jungen, die aus der Bruthöhle entschlüpften. Wollte man übrigens dennoch behaupten, dass diese Thiere einen Vorticellen-Zustand durchzumachen hätten, so müsste man den Thatsachen doch viel Gewalt anthun. Um den Mund dieser Cyclopen so dicht herum kommen, scheint es, niemals Vorticellen vor. Es kann also von einer Verwandlung der Vorticellen in Acineten nicht die Rede sein; man müsste geradezu einen Generationswechsel der Art annehmen, dass eben junge Vorticellen als Acineten sich ansetzten und umgekehrt, eine Annahme, für die keine thatsächliche Beobachtung spricht.

Die Arme (a) sind offenbar die interessantesten Organe der Acineten und müssen bei ihnen den Mund vertreten, der anderweit fehlt. Während sie bei den meisten andern Acineten sehr dünn (0,005 Mm.), steif und nur wenig einziehbar und ausstreckbar sind, sind sie bei Acin. ferrum equinum 0,020—0,030 Mm. dick, so dass

man den inneren Kanal (c) von c. 0,007 Mm. Weite deutlich erkennt, der mit einem 5fach so weiten Trichter (t) am freien Ende des Armes sich öffnet. Sie sind ferner biegsam und sehr beweglich, so dass sie, obwohl ihre mittlere Länge etwa gleich dem Körper-Durchmesser ist, bis auf $^1/_3$ einschrumpfen und bis auf die 3fache Länge sich ausdehnen können. Den Vorgang dieser Bewegungen zeigen sie so deutlich, dass dadurch über die analogen Vorgänge bei den andern Arten Licht verbreitet wird.

Auch die Anordnung der Arme weicht bei unserer Art so wesentlich von der bei den meisten übrigen ab, dass auf alle diese Unterschiede hin vielleicht eine Trennung in mehrere Gattungen geschehen könnte. Denn während bei den meisten anderen Acinetenarten die Arme gruppenweise beisammen stehen, so sind sie hier über die ganze Oberfläche bald gleichmässig, bald ungleichmässig vertheilt und nach allen Richtungen radiär ausgestreckt. Da sie sich erst mit zunehmendem Alter in immer grösserer Zahl, bis über 30, entwickeln, so ändert sich ihre Gruppirung und Richtung je nach der Oertlichkeit ab und kann auch oft durchaus einseitig sein.

Der im Innern der Arme befindliche Kanal wird von zwei Schichten umschlossen, aus denen die Substanz der Arme besteht, einer inneren, in allen ihren Theilen willkürlich contractilen, so zu sagen muskulösen Schicht (m), und einer äusseren schlaffen häutigen (f), welche eine Fortsetzung der äusseren lederartigen Haut des Thieres ist. Während die innern das Ausstrecken und Zurückziehen der Arme und das Oeffnen und Schliessen ihrer Mündung bewirkt, hat die äussere ihren Bewegungen nur zu folgen und sich in diejenigen Falten zu legen, die dem Ausdehnungsgrad der eingeschlossenen Theile entsprechen. Diese Falten zeigen sich als Spirallinie von bald weiterer, bald engerer Windung.

So ist natürlich die Spirale am engsten bei einem möglichst eingezogenen Arm (B), dessen Mündung alsdann auch geschlossen ist. Soll dieser sich von Neuem ausstrecken (C), so öffnet sich zuerst die Mündung, vermuthlich um sogleich das Wasser eintreten zu lassen, und es lösen sich die Spiralwindungen zunächst derselben, während diejenigen an der Basis des Arms einstweilen noch eng geschlossen bleiben. Allmählich streckt sich der Arm seiner ganzen Länge nach aus, in welchem Zustande er als Saugorgan dient und längere Zeit hinter einander weiche Nahrungsmassen einziehen kann. So sah ich öfters grosse Mengen in Wasser vertheilter Sarcode durch

einen solchen Arm bis in den Körper hinein wandern, während Indigo-Körnchen zu grob zu sein scheinen.

In den meisten Fällen aber sieht man den Arm schnell wieder zurückkehren. Auch hiebei (D) fängt die Bewegung wieder am freien Ende an. Zuerst schliesst sich die eben noch trichterförmig offene Mündung fest zu, indem sich die Trichterwände wie Lippen fest aneinander legen. Dann verkürzen sich die Spiralwindungen am äussersten Ende des Arms, während die an der Wurzel noch gestreckt bleiben. Da mit dem Verkürzen der Muskeln immer eine Verdickung eintritt, so wird auch der innere Kanal beim Zurückziehen zuerst an seinem Trichterende geschlossen und so fortschreitend, während nach dem Körper zu der Abfluss noch einstweilen offen ist. Ebendesshalb erscheinen auch die Arme im Beginn des Verkürzens keulenförmig, im Beginn des Verlängern flaschenförmig.

Jedenfalls ist diese Erscheinung ein Beweis, dass der Organismus dieser Saugarme kein einfacher, sondern ein sehr zusammengesetzter ist, dass in jedem Theil des Armes Systeme von Muskeln oder muskelähnlich bewegbaren Gebilden vorkommen, die zu verschiedenen Zeiten und willkürlich kontrahirt werden können. Dabei sind die Bewegungen der verschiedenen Arme von einander durchaus unabhängig.

Es ist noch zu erörtern, wodurch die Streckung der Arme bewirkt wird. Muskeln verkürzen sich nur, verlängern sich nicht und doch haben wir beide Thätigkeiten der inneren Schicht der Arme zugeschrieben. Wird etwa auch hier, wie bei dem Stiel der Vorticellen, die Streckung durch die elastische äussere Haut bewirkt? Keineswegs; denn dann müssten die Arme todter Exemplare, bei denen die Muskelkraft der inneren Schicht erloschen ist, gestreckt bleiben, während sie thatsächlich meist stark verkürzt sind. So bleibt nur die Vorstellung übrig, dass das Strecken und Verkürzen der innern Schicht durch wechselweise Wirkung von Längs- oder Ringmuskeln bewirkt werde, sowie etwa die Blutegel durch Längsmuskeln verkürzt, durch Ringmuskeln gestreckt werden.

Ein viel geringerer Grad von Complication scheint in dem Bau des Vorticellenstiels obzuwalten, an den im Uebrigen die Arme unserer Acinete lebhaft erinnern. Der Darstellungen von ihm sind schon mehrere gegeben worden, deren Orte ich im Augenblick nicht sicher anzugeben vermag, weil mir die betreffenden Zeitschriften nicht zur Hand sind. Unzweifelhaft wird die Streckung des Stieles durch

die äussere steife Haut bewirkt, welche beim Zusammenziehen spiral gerollt, nachher von selbst wieder aufschnellt. Der innere Faden wieder ist es, der durch willkürliche Verkürzung das spirale Aufrollen bewirkt. Er ist also offenbar muskulöser Natur. Stein erklärt den inneren Faden für eine Fortsetzung des Leibes-Inhalts, die durch Hin- und Herpumpen des letzteren sich ausdehne oder verkürze. Kühne hält ihn für einen wirklichen Muskel, kann ihn aber nicht quergestreift finden, wohingegen ihn Leydig für einen einfachen quergestreiften Muskel erklärt.

Leydig's Darstellung ist sehr treu und macht der vorurtheilslosen Beobachtung um so mehr Ehre, als sie nicht genau mit der angenommenen Deutung übereinstimmt. Die Querstreifen eines Muskels sind parallel; hier aber sind die Querstreifen durch eine im Zickzack hin und herlaufende Linie veranlasst. Es ist völlig der Anblick, den ein Vorticellenstiel gewährt, ist aber gewiss nicht das Bild einer Muskelfaser.

Vielmehr erklärt sich die Erscheinung ganz auf dieselbe Weise wie bei den Acineten-Armen. Die im Zickzack gestreift erscheinende Schicht ist eine schlaffe, unelastische Haut, innerhalb welcher erst der eigentlich contractile (muskulöse) Centralfaden verläuft, der an seiner bläulichen Farbe und stetigen Spannung bald zu erkennen ist. Bei seinen Contractionen schlägt die umgebende schlaffe Haut Falten, die als Spirale um ihn herum laufen und das eigenthümliche Zickzack-Ansehen veranlassen. Dieser innerste Muskel enthält wohl nur Längsfasern, ist daher einfacher gebaut als die Innenschicht in den Armen der Acineten.

3) Rhyncheta Cyclopum, ein neues acinetenartiges Infusor.

An der schon oben erwähnten Crustaceen-Art Cyclops coronatus Claus, die in klaren süssen Gewässern vorkommt und welche man bald an der schwarzen Farbe ihrer Eierstöcke und ihrer harten Theile schon mit blossem Auge erkennt, fand ich noch ein anderes epizoisch lebendes Infusor (Fig. 2), welches nach meinem Urtheil am natürlichsten den Acineten angereiht werden kann. Es hat seinen Wohnsitz an einem der von mir früher so benannten Bauchwirbel, welche bei den Copepoden die Stütze für die eigentlichen Füsse bilden und welche in der Mittellinie des Thieres auf der Bauchseite

liegen [1]). An einem dieser Bauchwirbel befestigt sich das Thier, ja ich glaube sagen zu können, an einem ganz bestimmten Wirbel, etwa dem zweiten in der Reihenfolge von Vorn nach Hinten; ein Ort, der jedenfalls reichlich von frischem Wasser bespült wird, sobald der Cyclops beim Schwimmen mit den Füssen rückwärts schlägt; ein Ort, der daher geeignet ist für ein Thier, welchem die im Wasser frei schwimmenden Infusorien zur Nahrung dienen.

Das Thier besteht wesentlich aus Körper und Rüssel. Der erstere, glashell durchsichtig, von cylindrischer bis spitz glockenförmiger Gestalt, liegt eng angeheftet an den Bauchwirbeln des Cyclops mit seinem Rüsselende nach Hinten gerichtet, entsprechend der dort stattfindenden Wasserströmung von Vorn nach Hinten. Er ist von einer dünnen aber lederartigen Schale umgeben (h), welche deutlich sichtbar wird, wenn man das Thier mit heissem Wasser tödtet, wobei dann der Körperinhalt sich von ihr zurückzieht. Das vordere Ende, welches in seiner ganzen Breite, also ohne Stiel, an die Chitinhaut des Cyclopen angewachsen ist, scheint lappenartig ausgebreitet zu sein, doch ist es bei der grossen Durchsichtigkeit schwer, sich darüber klar zu werden.

Der Körperinhalt, frisch glashell, zeigte sich nach der Tödtung durch heisses Wasser feinkörnig, wolkig, besonders nach dem Rüssel zu; doch waren niemals Nahrungsballen oder Verdauungsbläschen, wie man sie so häufig bei andern Infusorien sieht, zu erkennen. Ein Kern (k) war in der Mitte des Körpers vorhanden und glaube ich, einmal diesen bereits mit einem Rüssel bewaffnet gesehen zu haben, wonach also, wenn es sich bestätigte, die jungen Thiere sich in den alten vollständig entwickelten. Doch kann hiebei auch wohl eine Täuschung obgewaltet haben und ich betrachte die Fortpflanzungsgeschichte dieses Thieres noch als völlig unbekannt.

Eine pulsirende Blase (bl) ist stets vorhanden und liegt zwischen Kern und Rüssel. Sie ist sehr gross, $^1/_3$ — $^1/_4$ von der ganzen Breite des Thierchens und pulsirt in gesundem Zustande, wie es scheint, alle 3—4 Minuten, krank dagegen in längeren Intervallen.

1) An dieser Stelle erkennt man, wenn der Cyclops etwas schief auf dem Rücken liegt, sehr deutlich einige Abdominal-Ganglien vom Nervensystem, welches analog dem der langschwänzigen Crustaceen gebaut ist. Man sieht doppelte Ganglien mit doppelten Verbindungssträngen, die aber sehr dicht aneinanderliegen. Ich bemerke dies gegenüber Leydig, der bei Cyclops, ich kann die Stelle nicht genau citiren, keinen Bauchnervenstrang finden will.

Die Aufnahme der Nahrung geschieht durch einen sehr beweglichen Rüssel von der doppelten Länge des Körpers, aber sehr geringer Dicke. Die Maassverhältnisse erwachsener Thiere waren etwa folgende:

	Mm.		Mm.	
Körper	0,090	lang,	0,030	breit;
Rüssel	0,180	„	0,003	„
Kern	0,030	„	0,018	„
Pulsirende Blase			0,009	„

Diese Maasse sind freilich nicht constant. So maass ich bei einem Exemplar den Rüssel 0,390 Mm. lang und 0,0024 Mm. breit, und fand andererseits den Rüssel eines getödteten Thieres nicht nur sehr kurz, sondern dabei auch sehr dick 0,006 Mm. Dies lässt mich vermuthen, dass auch bei Rhyncheta der Rüssel sich in ähnlicher Weise strecken oder verkürzen kann wie bei Acineta.

Dieser Rüssel enthält einen engen Kanal, der, von ziemlich starken Wänden eingefasst, in den Armen getödteter Thiere (C) als blauer schwach wellenförmiger durchsichtiger Faden (f) erscheint, umgeben von einer runzeligen Hülle, deren Runzeln wohl an die Spiralfalte bei Acineta erinnern. Seine äussere Haut ist eine Fortsetzung der Lederhaut des Körpers. Am freien Ende ist eine schwache Erweiterung zu bemerken mit kräftigem etwas wulstigem Rande, aus der noch ein Körper hervorragt. Es erinnert einestheils an die Trichter bei Acineta, andererseits scheint es doch eine ganz besondere Art von Ventil (v) zu sein.

Die Bewegung dieses Rüssels ist äusserst lebhaft. Er schwingt sich von der einen Seite zur andern, streckt sich bald gerade aus, bildet bald Winkel, Schleifen, wird ganz zurückgelegt, rotirt, kurz bewegt sich in jeder erdenklichen Richtung mit einer Kraft und Lebhaftigkeit, wie man sie bei so kleinen Thierchen kaum erwartet.

Die systematische Stellung dieses Thieres scheint mir ziemlich unzweifelhaft bei den Acineten. In der That haben wir uns nur eine Acinete vorzustellen ohne Stiel, mit nur einem Arm, dieser aber sei um so länger und beweglicher, so ist die neue Form fertig. Die Aehnlichkeit mit Euglena scheint mir dagegen eine rein äusserliche, um so mehr, da das bewegliche Organ von Euglena eine Geissel, kein Rüssel ist. Ich habe darum den Namen dem der Acineten analog gebildet und in der Erwartung, dass sich verwandte Epizoen auch noch bei andern Wasserthieren finden werden, das neue Thier Rhyncheta Cyclopum genannt.

Leider ist das Auffinden des Thieres höchst mühsam. Es findet sich etwa unter 12—20 Cyclopen einer, der eine Rhyncheta mit sich herumschleppt und doch müssen alle zerrissen und die Stücke bei mittelstarker Vergrösserung genau durchsucht werden, da am lebenden Cyclops der Parasit nicht wahrnehmbar ist. So habe ich denn trotz eifrigen Suchens bisher auch nur etwa sechs Exemplare auffinden können.

Alle diese sassen an Exemplaren von Cyclops coronatus, die ich aus dem sogenannten »langen See« meines Heimathortes Brunow, 6 Meilen N. N.-O. von Berlin, entnommen habe. Ich führe dies an, weil ich zwar noch an andern Orten Cyclops coronatus, nicht aber seinen Parasiten gefunden habe, und darnach seine Fundorte sparsam zu sein scheinen.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Acineta ferrum equinum. Ehr.
- A. ein ganzes Thier.
  - a. Arme.
  - bl. Pulsirende Blase.
  - e. Embryo in der Bruthöhle.
  - h. Lederhaut.
  - l. Lippenartige Ränder der Bruthöhle.
  - st. Stiel.
- B. Ein Arm im eingezogenen Zustande.
- C. » » im Begriff sich zu strecken.
- D. » » » » » zu verkürzen.
- e, E. Embryonen in und ausser der Bruthöhle.
- J. Ein Junges mit einem Arm.

Fig. 2. Rhyncheta Cyclopum mihi.
- A. Lebendes Exemplar, sehr ausgestreckt.
- B. Exemplar, in heissem Wasser getödtet.
  - bl. Pulsirende Blase.
  - h. Lederhaut.
  - k. Kern (Embryo).
- C. Ein Stück aus der Mitte des Arms.
  - f. Kanal. g. Faltige Haut.
- D. Endstück des Arms.
  - v. Ventil.

Knochenkörperchen mit eigenthümlichen Kapseln in der Zahnpulpa.

Ein Beitrag zur Pathologie der Zahnpulpa

von

Dr. med. Hohl,
Arzt in Halle a. S.

Hierzu Taf. XIX, B, Fig. 1–5.

Ein rechter, oberer Milchbackzahn wurde bei einem Mädchen von 12 Jahren extrahirt, weil sein Nachfolger seitlich nach aussen das Zahnfleisch durchbrechen wollte. Die inneren einander zugekehrten Flächen der drei Wurzeln waren rauh, in Resorption begriffen, die innere mehr als die beiden anderen, so dass von ihr nur noch ungefähr $2^1/_2$ Mm. bis zum Schmelzrande vorhanden war. Die Kerne des Zahnes war bis auf die Basis von Caries zerstört, von Pulpahöhle keine Spur mehr. Beim Hineinstechen mit der Nadel in den Kanal der inneren Wurzel fühlte sich die Pulpa körnig an, als ob starke Kalkablagerungen in ihr sich gebildet hätten. Unter dem Mikroskop erschien die Masse gelblich, ins bräunliche spielend, ohne Structur, vollständig undurchsichtig. Nach Anwendung von Salzsäure hatte sich das Präparat unter Entwicklung von Luftblasen aufgehellt und es erschien eine grosse Anzahl isolirter Knochenzellen mit Kapseln, wie man sie kaum schöner sehen kann. (Fig. 2.) Der ganze Wurzelkanal war voll solcher Gebilde, die in rundlichen Haufen in dem vollständig atrophirten Pulpagewebe zerstreut lagen. Durch leichten Druck auf das Deckgläschen liessen sie sich vollständig isoliren, und boten alsdann ein überraschendes Bild dar. (Fig. 1.) Die Grösse derselben ist sehr verschieden, ebenso ihre Form, welche sich nach der Gestalt der centralen Zelle richtet und durch die Art

des Aneinanderliegens der Kapseln bedingt wird. Die Zellen verhalten sich sonst ganz wie Knochenzellen, die Ausläufer erscheinen mit einer Klarheit und Deutlichkeit, wie ich sie noch nirgends gesehen. Sie sind doppelt contourirt und unstreitig röhrenförmige Gebilde, ihre Mündungen in die Zelle sowohl, als auf die freie Fläche der Kapsel erscheinen als kreisrunde Ringe. (Fig. 1 u. 3.) Sehr schön lässt sich auch die Communikation einer Zelle durch ihre Fortsätze mit der andern verfolgen, wo die Kapseln dicht aneinander liegen.

Diese Neubildungen entstehen unstreitig aus den Zellen der Pulpa und zwar wahrscheinlich durch concentrische Verdickung ihrer Wände und Kalkablagerung, ähnlich den Zellen pflanzlicher Hartgebilde[1]). Mehrere solche Zellen, wie in Fig. 3, zeigten die Uebergänge sehr deutlich. An einer Zelle erblickte man sogar deutlich die schichtenweise Ablagerung des peripheren Kalkringes (Fig. 4).

Derartige Knochenzellen habe ich später noch ein Mal in einem jugendlichen bleibenden Backzahn gefunden in einer netzförmig atrophirten Pulpa. Auch hier war die Krone durch Caries sehr zerstört, doch fanden sich die Zellen in dem Rest der Kronenpulpa.

Vor Kurzem fand ich drittens ein dreieckiges Scheibchen wahrer Knochensubstanz in einem jugendlichen, bleibenden, cariösen Backzahn, an dem die Entstehung aus solchen verdickten Zellen sich nach Behandlung mit Salzsäure zur Evidenz nachweisen liess. Die Oberfläche des Stückchens wird nach Art des cariösen Knochens von halbrunden Vertiefungen und hervorstehenden Spitzen gebildet (Fig. 5). Die früheren Zellengränzen werden durch dunklere Streifen markirt, in deren Mitte sich gewöhnlich ein Knochenkörperchen findet. Meines Wissens ist eine derartige Beobachtung noch nicht gemacht, jedenfalls dürfte der Fundort ein neuer und beachtenswerther sein.

1) Vergl. Fürstenberg in Müller's Archiv 1857. p. 1.

Ueber die contractilen Behälter der Infusorien.

Von

Dr. G. Schwalbe.

Ueber das Wesen und die Bedeutung der contractilen Behälter der Infusorien haben die Forscher bisher besonders in zwei Punkten die verschiedensten Meinungen gehabt. Der eine Streitpunkt war der, welche Function diesen Behältern zukäme, der andere, ob denselben eine distinkte contractile Membran zuzuschreiben sei oder ob sie nur durch die contractile Körpersubstanz begrenzt würden. Die Function dieser Gebilde wurde, nachdem Ehrenberg's Ansichten namentlich durch die Untersuchungen v. Siebold's[1]) widerlegt waren, von den späteren Infusorienkennern sehr verschieden aufgefasst. v. Siebold sah in ihnen herzartige Organe, welche eine Ernährungsflüssigkeit im Körper herumtreiben sollten. O. Schmidt[2]) entdeckte zuerst bei Bursaria leucas und Paramaecium aurelia Oeffnungen, mittelst welcher jene Behälter mit dem umgebenden Wasser communicirten. Da er nun annahm, dass durch diese Oeffnungen von aussen Wasser aufgenommen werde, so erklärte er die fraglichen Gebilde für Respirationsorgane. Trotz lebhaften Widerspruches von Seiten der Forscher, welche sich an v. Siebold anschlossen, wurde die Existenz von Oeffnungen von Leuckart[3]), Carter[4]) und Leydig[5]) bestätigt. Da diese jedoch eine Wasseraufnahme

1) v. Siebold, Vergleichende Anatomie I, p. 3—25.

2) O. Schmidt, Handbuch d. vergl. Anatomie.

3) Bergmann u. Leuckart, Anatomisch-physiologische Uebersicht des Thierreichs.

4) Annals of natural history. 1856. Vol. 18.

5) Leydig, Lehrbuch der Histologie. p. 395.

durch dieselben nicht wahrnehmen konnten, sondern annahmen, dass jene Behälter Wasser nach aussen entleerten, so kamen sie zu der Ansicht, dass man es hier mit einem excretorischen Wassergefässsysteme, analog dem der Räderthiere, zu thun habe. Diese Meinung wurde namentlich von Leydig begründet. Ihm gegenüber vertheidigten besonders Lieberkühn [1]), Lachmann [2]) und Claparède [3]) die Ansicht v. Siebold's, indem sie jede Oeffnung leugneten. Ihre Angriffe hat Stein [4]) in seinem grossen Infusorienwerke genügend widerlegt. Die Ansichten Lieberkühn's differiren in sofern von denen Claparède's und Lachmann's, als jener annimmt, dass die von den Behältern aufgenommene Ernährungsflüssigkeit nicht wieder auf demselben Wege (durch die strahlenartig angeordneten Kanäle bei Bursaria flava, Paramaecium aurelia) in das Parenchym zurückgetrieben werde; Lieberkühn lässt es vielmehr, da er jede Ejaculationsöffnung leugnet, unentschieden, wohin die Flüssigkeit bei der Systole getrieben werde. Claparède und Lachmann dagegen suchen durch viele Beispiele die Behauptung zu stützen, dass die contractilen Behälter bei den Infusorien mit strahlenförmiger Anordnung der zuleitenden Gefässe (Paramaecium aurelia u. a.) bei der Diastole die Ernährungsflüssigkeit aus den mit einer contractilen Membran versehenen Gefässen aufnehmen, bei der Systole dagegen dieselbe wieder an die Radien abgeben. Bei anderen (Enchelyodon farctus, Prorodon armatus) soll die contractile Blase in einem sinusartigen Raume liegen, aus welchem dieselbe sich bei der Diastole fülle und in welchen bei der Systole die Flüssigkeit wieder zurückergossen werde. Gleichzeitig mit dem grossen Werke von Claparède und Lachmann erschienen die vortrefflichen Untersuchungen Stein's über den Organismus der Infusionsthiere, in welchen dieser ausgezeichnete Forscher die Existenz einer Oeffnung der contractilen Behälter bei Cyclostomum (Bursaria) leucas und Paramaecium aurelia bestätigt und ganz allgemein eine Mündung derselben nach aussen annimmt, obwohl man eine solche erst bei einigen Arten

1) Lieberkühn, Beiträge zur Anatomie der Infusorien. Müller's Archiv 1856.

2) Lachmann, Ueber die Organisation der Infusorien, besonders der Vorticellen. Müller's Archiv 1856.

3) Claparède et Lachmann, Études sur les infusoires et les rhizopodes. Genève 1858—59.

4) Stein, Der Organismus der Infusionsthiere. I. Abtheilung. 1859.

sicher constatiren kann. Zugleich widerlegt er die Einwürfe gegen diese Ansicht, welche sich namentlich auf das Fehlen einer Strömung in der umgebenden Flüssigkeit während der Systole bezogen. Dennoch nimmt auch Stein an, dass die contractilen Behälter einen Theil der Flüssigkeit während der Systole wieder in die Gefässe zurücktreiben, da er die bekannte spindelförmige Anschwellung der Radien als durch die Systole bedingt auffasste. Hinsichtlich der Bedeutung dieser Gebilde für den Organismus der Infusorien schloss sich Stein an Leydig an, indem er sie für ein excretorisches Wassergefässsystem erklärte.

Der zweite streitige Punkt ist, wie schon erwähnt, der, ob die Behälter eine contractile Membran besitzen oder nicht. In diesem Punkte finden sich bei den Forschern die verschiedensten Angaben. Einige berücksichtigen diese Frage gar nicht. Lachmann und später Claparède nehmen mit Bestimmtheit eine Membran an und citiren auch Lieberkühn neben J. Müller, Carter und O. Schmidt als auf ihrer Seite stehend, obwohl doch Lieberkühn in der betreffenden Abhandlung ausdrücklich sagt[1]: »Es ist mir nicht gelungen, in irgend einem Falle eine Membran der contractilen Behälter oder der Gefässe zu isoliren.« Auf die Beobachtungen, welche Claparède und Lachmann zu Gunsten einer Membran anführen, werde ich unten zurückkommen. Stein spricht sich gegen die Existenz einer Membran aus und verlegt die Contractionen in das contractile Rindenparenchym. Vereinzelt stehen die Ansichten Dujardin's[2] da. Dieser warf bekanntlich die mit Wasser gefüllten Räume des Innenparenchyms mit den contractilen Behältern zusammen und nannte beide Vacuolen; beide sollten contractil sein. Das Vorkommen der Vacuolen sei an keine bestimmte Stelle gebunden, sie seien mit wässriger Flüssigkeit gefüllte Lücken im Parenchym. Diese Ansichten Dujardin's fanden den lebhaftesten Widerspruch. Es wurde bald nachgewiesen, dass man zwei Arten von Vacuolen unterscheiden müsse, innere nicht contractile von schwankender Anzahl, welche oft Nahrungsballen einschliessen und keine bestimmte Stelle im Parenchym einnehmen, und oberflächliche contractile von constanter Grösse und Zahl und an bestimmten Stellen vorkommend. Jede Thatsache, die zu Gunsten der Dujardin'schen Ansicht hätte

1) l. c. p. 31.

2) Dujardin, Histoire naturelle des zoophytes Infusoires. Paris 1841.

sprechen können, wie das Auftreten mehrerer contractiler Behälter unter gewissen Umständen und dgl. mehr, wurde sofort als pathologisch erwiesen. Damit gab man sich dann aber auch zufrieden und versuchte nicht, die Ursachen dieser pathologischen Veränderungen weiter zu erforschen, um daraus vielleicht einen neuen Gesichtspunkt für die Auffassung der contractilen Behälter zu gewinnen. So blieb denn die Physiologie dieser Gebilde ganz vernachlässigt. Nur in neuester Zeit hat Hofmeister[1]) derselben Erwähnung gethan. Bei einer neuen Erklärung, die er von der Natur der Protoplasmabewegungen giebt, und welche dahin lautet, dass dieselben nicht auf einer Contractilität des Protoplasma beruhen, sondern aus einer periodischen Abnahme und Wiederzunahme der Imbibitionsfähigkeit der Protoplasmapartikeln für Wasser sich erklären lassen, führt er die Existenz der contractilen Behälter, ihr Verschwinden und Wiedererscheinen zu Gunsten dieser Ansicht an, indem diese wechselnden Füllungsverhältnisse der Vacuolen nur der sichtbare Ausdruck jener ab- und zunehmenden Imbibitionsfähigkeit für Wasser seien. Leider war mir die Hofmeister'sche Arbeit nur im Referat zugänglich, sodass ich hier nicht näher darauf eingehen kann. Aus dem unten Anzuführenden wird man indessen sehen, dass ich zu wesentlich anderen Ansichten über die Entstehung der Contractionen jener Behälter gelangt bin. Zuvor sei es mir jedoch gestattet, hier einige Beobachtungen anzuführen, die zur Vervollständigung der von Stein über die contractilen Behälter gemachten Angaben dienen mögen.

Zunächst muss ich der contractilen Behälter von Paramaecium aurelia gedenken, da gerade von ihnen Stein behauptet, dass bei der Systole ein Theil des Wassers in die Strahlen zurückgetrieben wird, da er glaubte, dass die Anschwellung der dem contractilen Behälter am nächsten gelegenen Theile der Radien in Folge der Systole stattfinde. Ich habe mich nun wiederholt überzeugt, dass jene Anschwellung schon kurz vor der Systole erfolgt, dass während der Systole die geschwollenen spindelförmigen Radien nicht an Grösse zunehmen, dass also kein Wasser wieder in dieselben zurückgetrieben werden kann. Dieselbe Angabe, dass schon am Ende der Diastole die Radien anschwellen, findet man auch bei Lieberkühn. Von

1) Hofmeister, Ueber die Mechanik der Protoplasmabewegungen. Verhandl. des naturh. med. Vereins zu Heidelberg III. p. 177—180.

dem Vorhandensein einer kleinen rundlichen Oeffnung über dem contractilen Behälter überzeugte ich mich ebenfalls. Dass bei der Systole keine Flüssigkeit in die Radien zurückgeht, erklärt sich leicht daraus, dass nach dieser Seite hin dem etwa eindringenden Wasser ein doppelter Widerstand entgegengesetzt ist, nämlich einmal der Druck, unter dem die durch immer neue Wasseraufnahme durch den Mund sich mehrende Flüssigkeit im Körper des Thieres steht, sodann die Contractilität der Wandungen der Radien. Dass diese Radien sich während ihres ganzen Verlaufs zu contrahiren vermögen, kann man leicht beobachten. Beide Momente genügen hinreichend, um die auszutreibende Flüssigkeit nicht regurgitiren zu lassen. Es bleibt ihr nur der Weg nach aussen übrig. Dabei kann man, wie schon die früheren Beobachter erwähnten, sehr deutlich sehen, dass der Behälter sich in der Richtung von innen nach der Cuticula zu contrahirt. Er füllt sich aber auch wieder von der Seite der Cuticula her, aber nicht durch eine Wasseraufnahme von aussen, sondern dadurch, dass die spindelförmigen Radien ihre Flüssigkeit dahin ergiessen, wo sie am wenigsten Widerstand finden, und dies ist offenbar an der der Cuticula am nächsten gelegenen Stelle der Fall, da hier die Contraction der Behälter sicher am unvollständigsten war. Dass dabei die Flüssigkeit nicht direkt nach aussen getrieben wird, wird dadurch verhindert, dass die Radien parallel zur Oberfläche verlaufen, also eine geradezu senkrechte Richtung zur Richtung der Oeffnung haben. Vielleicht treten dann auch Theile der contractilen Substanz vor die Oeffnung und verhindern so den direkten Austritt der Flüssigkeit. Die Verhältnisse bei Paramaecium aurelia würden sich hiernach also folgendermassen herausstellen: Durch den Druck des in den Körper aufgenommenen Wassers wird die mit den Stoffwechselprodukten beladene Flüssigkeit von allen Seiten in die radiären Kanäle getrieben und aus diesen durch dieselbe vis a tergo, zu welcher hier aber noch die Contractilität der Wandungen kommt, in den contractilen Behälter. Die Radien schwellen auf diese Weise kurz vor Beginn der Systole spindelförmig an; jetzt erfolgt eine rasche Zusammenziehung, durch welche der ganze Inhalt des Behälters nach aussen ejaculirt wird. Nun contrahiren sich die spindelförmigen Auftreibungen der Radien und ergiessen ihren Inhalt in den der Cuticula zunächst gelegenen Theil des contrahirten Parenchyms, wodurch dasselbe zurückgetrieben wird und ein neuer contractiler Behälter an derselben Stelle, wo der frühere war, entsteht.

Dann sind also die Radien als gleichweite dünne Kanäle um den in Diastole befindlichen Behälter zu erkennen. Sie schwellen aber bald wieder spindelförmig an, es erfolgt abermals eine Systole und so fort. Die Anzahl dieser Contractionen beträgt bei Paramaecium aurelia ungefähr 5 bis 6 in einer Minute; unter Umständen können sie freilich, wie unten gezeigt werden wird, an Frequenz bedeutend ab- oder zunehmen.

Da die Wasseraufnahme bei den Infusorien in so inniger Beziehung zu der Physiologie der contractilen Behälter steht, so mögen hier zunächst einige kurze Bemerkungen darüber Platz finden. Die Wasseraufnahme findet bekanntlich bei allen Infusorien durch den Mund statt; nur bei Trachelius ovum findet sich in der Mitte des eiförmigen Körpers noch eine spaltförmige Oeffnung, die man mit Stein als Communicationsöffnung der mit heller Flüssigkeit gefüllten grossen Parenchymlücken mit dem äusseren Wasser ansehen muss. Durch diese Oeffnung wird es möglich, dass unter gewissen Bedingungen der grösste Theil der Flüssigkeit plötzlich austritt, sodass das Thier zusammenfällt; und umgekehrt wird durch diese Oeffnung auch allmählig wieder Wasser in die Lückensysteme zwischen den Parenchymsträngen aufgenommen. Nebenher mag jedoch auch hier eine Wasseraufnahme durch den Mund stattfinden können. Das bei allen übrigen Infusorien durch den Mund in die Körpersubstanz hineingetriebene Wasser bildet dort die inneren Vacuolen, welche entweder nur Wasser enthalten oder auch zugleich feste Nahrungsstoffe. Diese Vacuolen werden im Innenparenchym theils durch nachdrängende Bissen, theils auch wohl durch die Contractilität des Innenparenchyms selbst hin- und hergetrieben oder machen auch wohl regelmässige Touren (Paramaecium bursaria) und werden dabei immer kleiner. Offenbar durchdringt das Wasser nach und nach die contractile Substanz, um schliesslich mit den Stoffwechselprodukten beladen in das System der contractilen Behälter überzugehen. Die Abnahme des Durchmessers dieser inneren Vacuolen kann man am besten verfolgen, wenn man die Thiere mit Karmin gefüttert hat. Man erkennt dann, dass der wässrige Ring um den Karminballen beim längeren Verweilen im Parenchym immer enger wird und nach und nach verschwindet.

Nach diesem Excurse wende ich mich zunächst zur Besprechung des Wassergefässsystems von Stentor. Hier stellen sich folgende Verhältnisse heraus. Der grosse im vorderen Körperende gelegene

contractile Behälter zieht sich nur sehr langsam zusammen; öfter scheint seine Contraction unregelmässig von Statten zu gehen. Nach vollendeter Contraction sieht man bei Einstellung auf die Oberfläche des Thieres noch einen kleinen hellen Kreis, um den herum das Körperparenchym gleichsam narbig zusammengezogen erscheint. Dieser kleine Kreis wird auch bei vollständiger Füllung des Behälters erkannt. Es wechseln an der Oberfläche von Stentor bekanntlich breitere körnige Streifen mit hellen schmaleren ab; innerhalb eines solchen körnigen Streifen sieht man den kleinen hellen Fleck, der offenbar die äussere Mündung des Wassergefässsystems darstellt. Hat sich der Behälter contrahirt, so erscheint nun das an ihn grenzende Stück des Längsgefässes breiter, von buchtigen Wänden eingefasst; es treibt seinen Inhalt durch langsame Contractionen zur Stelle, wo vorher die Vacuole sich befand und drängt dabei das gleichsam widerstrebende contractile Parenchym auseinander. Dieses sendet anfangs noch zahlreiche Zacken und Spitzchen in das Lumen hinein, welche jedoch bald theils durch selbstständige Contraction sich zurückziehen, theils durch das nachdringende Wasser zurückgetrieben werden. So wird die Vacuole allmählig elliptisch, das benachbarte Stück Längsgefäss wird unsichtbar und nun rundet sich die elliptische Vacuole ab. Erst wenn sie ganz kugelrund geworden ist, erfolgt die vollständige Contraction. Aehnliche Verhältnisse finden bei dem grossen contractilen Hohlraum von Spirostomum statt. Mit Stein möchte ich hier die Oeffnung des Behälters in der Gegend der Kerbe am hintern Leibesende suchen. Auch hier gräbt sich die Flüssigkeit gleichsam ihren Weg in der contractilen Substanz; es stellt hier der contractile Raum nichts weiter vor, als eine Enderweiterung des Längsgefässes.

Nicht ohne Bedeutung für die Auffassung der contractilen Behälter scheinen mir die Verhältnisse bei Trachelius ovum zu sein. Hier liegen die zahlreichen kleinen Vacuolen bekanntlich in der dünnen unter der Cuticula ausgebreiteten Schicht der contractilen Substanz. Bei den Exemplaren, die ich bis jetzt zu beobachten Gelegenheit hatte, konnte ich Folgendes feststellen: Die contractilen Behälter bleiben öfter nicht an derselben Stelle, wo sie sich anfänglich befanden, sondern sie werden mit der Substanz in langsamer Strömung oft streckenweise unter der Cuticula hingeführt, wie denn überhaupt die contractile Substanz von Trachelius ovum von der aller anderen Infusorien die meiste Aehnlichkeit mit dem Protoplasma

der Rhizopoden zeigt und ganz ähnliche Formveränderungen darbietet. Der eiförmige Körper dieses Thieres stellt eine von einer ziemlich dicken Cuticula gebildete Blase dar, innerhalb welcher Balken contractiler Substanz ausgespannt sind. Ein dickerer Balken, der sich von der Mundöffnung aus ins Innere erstreckt, wurde früher allgemein als ein Darm angesehen. Erst die Untersuchungen Stein's haben die wahre Natur dieses Stranges erkennen lassen, obwohl schon Gegenbaur ein bestimmtes Lumen dieses Stranges, den er aber physiologisch auch als Darmkanal auffasst, leugnet. Von diesem Hauptstrange aus durchziehen nach allen Richtungen dünnere Parenchymstränge die Höhlung der Blase, um unter der Cuticula in eine dünne Substanzlage überzugehen, welche sich constant daselbst befindet und die contractilen Behälter einschliesst. Die Lücken zwischen den mannigfach wechselnden Parenchymbalken sind mit wässeriger Flüssigkeit erfüllt, die wahrscheinlich durch die schon oben erwähnte spaltförmige Oeffnung aufgenommen wird. So oft ich ein solches Thier beobachtete, konnte ich nicht umhin an das Protoplasmanetz in den Staubfadenhaaren der Tradescantia zu denken; wie hier, so findet sich bei Trachelius ovum eine Schicht Protoplasma unter der Cuticula, bei beiden finden sich Stränge contractiler Substanz, welche das Lumen durchsetzen, bei beiden eine Flüssigkeit in den Lücken des Netzes. Auch zeigt dasselbe bei Trachelius ovum ebenfalls Bewegungserscheinungen, die freilich nicht so mannigfach und anhaltend sind. Das plötzliche schon von Gegenbaur beschriebene Zusammenfallen eines Trachelius erklärt sich in der That nur daraus, dass plötzlich die zwischen der Cuticula ausgespannten Balken sich contrahiren und so das Wasser aus ihren Lücken nach aussen treiben. Dann gewährt ein solches Thier auf einmal ein ganz anderes Bild. Es sind nur noch wenige mit wässeriger Flüssigkeit gefüllte Lücken vorhanden; die Substanz ist mehr gleichmässig vertheilt und gleicht nun viel mehr dem Parenchym der anderen Infusorien. Auch scheint mir ein so ausgebildetes Lückensystem nur bei den Individuen, die den Zustand ihrer höchsten Entwicklung erreicht haben, vorhanden zu sein. Wenigstens sah ich viel kleinere Individuen derselben Art, die erst spärliche mit heller Flüssigkeit gefüllte Lücken darboten, deren Substanz daher auch viel dichter war. Der halsförmige Fortsatz unseres Thieres lässt wohl nie Lückensysteme erkennen, er besteht aus einer zusammenhängenden Schicht einer consistenteren Substanz. Was nun die contractilen Be-

hälter betrifft, so konnte man, während sie langsam unter der Cuticula dahin geführt wurden, nie eine Contraction an ihnen bemerken; nur veränderten sie auf ihrem Wege häufig ihre Form, wurden elliptisch oder nahmen auch wohl eine ganz unregelmässige Gestalt an, um sich dann wieder vollständig abzurunden. Erst bei ihrem Stillstand contrahiren sie sich wieder. Diese Contractionen gehen hier nicht so ruckweise von Statten, wie bei vielen anderen Infusorien, sondern verhältnissmässig langsam, was besonders bei der Kleinheit derselben auffällt. Betrachtet man einen am Rande gelegenen Behälter während seiner Contraction, so kann man hier ebenfalls leicht constatiren, dass sich derselbe in der Richtung nach der Cuticula hin zusammenzieht. Es schien dann ein lichter Streifen die Cuticula zu durchsetzen, den ich um so mehr geneigt bin, auf die Austreibung der Flüssigkeit zu beziehen, als man auch sonst an der Cuticula eine feine Strichelung bemerkt, welche dieselbe senkrecht durchsetzt und vielleicht auf Porenkanäle zu beziehen ist [1]).

Stein gruppirt die Infusorien je nach der morphologischen Verschiedenheit ihres Wassergefässsystems in vier Abtheilungen. Viele Infusorien, z. B. Chilodon, die Vorticellinen und andere zeigen gar keine zuführenden Kanäle. Einige, wozu Stentor, Spirostomum, Stylonychia mytilus gehören, besitzen ein longitudinales Wassergefässsystem; andere, wie Paramaecium aurelia, Cyrtostomum leucas ein sternförmiges. Endlich unterscheidet er noch ein rosettenförmiges System, das sich aber meiner Meinung nach nicht wesentlich von dem sternförmigen unterscheidet. Ich kenne dasselbe von Prorodon niveus und Acidophorus ornatus. Bei letzterem zeigt der contractile Behälter schon kurz vor der Systole einen Ring von kleineren mit Flüssigkeit gefüllten kugligen Hohlräumen, die am Ende der Systole sich in den contractilen Behälter entleeren. Es liegt hier der einzige Unterschied von dem Verhalten bei Paramaecium aurelia darin, dass hier nur die dem Behälter zunächst liegenden kugligen Theile der Radien vorhanden sind. In dem einen wie in dem anderen Falle besteht die Anordnung, dass die Parenchymflüssigkeit von allen Seiten her gleichmässig in den Behälter dringt, während dies bei dem lon-

1) Diese Beobachtungen über Trachelius ovum, sowie die weiter unten anzuführenden Reizungsversuche finden sich schon z. Th. in meiner Inaugural-Dissertation: Observationes nonnullae de infusoriorum ciliatorum structura. Berolini. 1866.

gitudinalen Wassergefässsysteme wesentlich von einer Seite her geschieht. Bei anderen, wie bei Prorodon niveus, liegen die kugligen Hohlräume so dicht um den Behälter herum, dass dies wohl dazu beigetragen haben mag, sinusartige Räume anzunehmen, in welchen die contractilen Blasen liegen sollten, wie dies Claparède und Lachmann thun. In der That gleichen die Bilder, welche das Wassergefässsystem eines Prorodon niveus während der Diastole des Hauptbehälters gewährt, ganz dem, welches Claparède und Lachmann auf Taf. XVIII. Fig. 2 von Prorodon armatus wiedergeben. Nur irrten dieselben darin, dass jene Sinus erst durch die Systole entständen; sie entstehen in der That, ganz so wie die spindelförmigen Anschwellungen bei Paramaecium, schon vor der Systole und haben unmittelbar vor derselben ihre grösste Ausdehnung erreicht. Auffallend ist es dabei, dass hier Claparède und Lachmann Lücken im Parenchym annehmen, während sie bei dem centralen Behälter selbst immer die Existenz einer Membran zu vertheidigen suchen. Offenbar zeigen aber beide in ihrem Verhalten gar keine Verschiedenheiten.

Aus allem bisher Angeführten geht wohl mit Deutlichkeit hervor, dass die contractilen Behälter nicht als mit einer distinkten Membran versehene Blasen anzusehen sind, sondern als Lücken im Parenchym, denen aber eine gewisse Beständigkeit in Gestalt, Grösse und Lagerung zukommt. Man denke nur an das eigenthümliche Verhalten bei Stentor, wo die nachdrängende Flüssigkeit sich ihren Weg im Parenchym ausgräbt. Ein solches Verhalten lässt sich nicht gut mit der Existenz einer Membran vereinigen. Auch die von gegnerischer Seite gegen das Fehlen einer Membran angeführten Gründe sind nicht stichhaltig. So führt Lachmann gegen das Fehlen der Membran besonders Beobachtungen an Spirostomum ambiguum an, wo man sich sehr leicht überzeugen kann, dass Kothmassen zwar in das Lumen des grossen contractilen Raumes prominiren, aber niemals wirklich hineinbrechen. Folglich, schliesst Lachmann (und dies findet man auch in dem grossen Werke von Claparède und Lachmann wieder), muss der Raum von einer Membran ausgekleidet sein, die das Eintreten der Kothballen verhindert. Man kann offenbar viel natürlicher diese Verhältnisse so auffassen, dass man sagt, die eindringende Flüssigkeit treibe das Parenchym auseinander und zwar an den Stellen am meisten, wo sie den geringsten Widerstand findet. Sind nun Kothballen vorhan-

den, so bieten diese offenbar dem Drucke der Flüssigkeit einen grösseren Widerstand dar; sie werden also prominiren, während neben ihnen das Parenchym buchtenartig zurückgetrieben ist.

Steht es nunmehr fest, dass die contractilen Behälter nichts Anderes, als Lücken in der contractilen Substanz der Infusorien sind, so kann man auch wohl den alten Dujardin'schen Namen wieder anwenden und dieselben als contractile Vacuolen bezeichnen. Die Vacuolen des Innenparenchyms könnte man ihnen dann vielleicht als nutritive Vacuolen gegenüberstellen.

Wenn man nunmehr die physiologischen Verhältnisse der contractilen Vacuolen betrachtet, so stellt sich hier zunächst bei einem vergleichenden Ueberblick constant das Gesetz heraus, dass die Frequenz der Contractionen um so grösser ist, je kleiner die contractilen Vacuolen sind. So ziehen sich z. B. die betreffenden Behälter von Chilodon cucullulus in 2 Minuten ungefähr 13- bis 14mal zusammen, die von Paramaecium aurelia in derselben Zeit nur 10- bis 11mal, von Vorticella microstoma nur 1- bis 2mal. Noch seltener erfolgen die Contractionen bei Stentor und Spirostomum. Von den angeführten Thieren haben in der That Stentor und Spirostomum die grössten contractilen Behälter, dann kommt die Vorticella, dann Paramaecium aurelia und endlich Chilodon cucullulus, dessen Vacuolen wohl nur den halben Durchmesser von den bei Paramaecium vorkommenden haben, bei diesem beträgt der Durchmesser 0,0127 Mm., bei der Vorticella 0,0236 Mm. Dies Verhalten kann uns wohl nicht wundern, da offenbar der Behälter, je grösser er ist, um so längere Zeit braucht, sich wieder soweit zu füllen, als er vor der Contraction gefüllt war. Es kommt dabei aber offenbar auch noch die Geschwindigkeit des Zuflusses der Flüssigkeit in Betracht. Wenn ein grosser Behälter einen sehr starken Zufluss hat, sodass er sich nach der Systole rasch wieder bis zur vorigen Ausdehnung füllen kann, so wird offenbar auch die Contraction eher eintreten. So erklärt sich denn auch die relativ grosse Anzahl der Contractionen bei Paramaecium; sie steht der Frequenz bei Chilodon cucullulus kaum nach, obwohl doch die Behälter der letzteren viel kleiner sind. Während nämlich bei Chilodon gar keine sichtbaren Kanäle vorhanden sind[1]),

---

1) Dennoch kann man auch bei Chilodon cucullulus schon eine Andeutung zuführender Kanäle erkennen. An der Stelle des eben verschwundenen Behälters erscheint nämlich nicht ein kleiner Kreis wieder, der allmählig

welche dazu bestimmt wären, die Flüssigkeit den Vacuolen zuzuführen, sieht man bei Paramaecium aurelia deren ungefähr acht um jede herumgruppirt, deren jeder ein ganz ansehnliches Lumen besitzt. In ähnlicher Weise wird man durch Vergleichung der verschiedenen Formen finden, dass sich die Frequenz der Contractionen aus der Grösse der Behälter und der Geschwindigkeit des Zuflusses wird ableiten lassen.

Die Vergleichung der Contractionen der Vacuolen bei den verschiedensten Formen ergiebt ferner, dass die einzelne Zusammenziehung nicht bei allen auf dieselbe Weise, mit derselben Geschwindigkeit stattfindet. Während die meisten Vacuolen sich plötzlich und schnell contrahiren, giebt es andere, deren einzelne Contractionen sehr langsam, ja oft in Absätzen von Statten gehen. Dies fällt namentlich bei Stentor auf, wie dies auch schon oben angeführt wurde. Nicht ganz so langsam zieht sich der grosse contractile Hohlraum von Spirostomum zusammen. Paramaecium aurelia und Chilodon, sowie Vorticella zeigen dagegen mehr plötzliche Contractionen. Man könnte daher auf den Gedanken kommen, dass die langsamen Zusammenziehungen eine Eigenthümlichkeit der grösseren Behälter seien, wenn es nicht wiederum Beispiele gäbe, dass Vacuolen von sehr geringem Umfange, wie die bei Trachelius ovum, sich verhältnissmässig sehr langsam contrahiren. Worauf diese Eigenthümlichkeit beruht, lässt sich noch nicht mit Bestimmtheit entscheiden. Für die grösseren Behälter hätte man den grösseren Widerstand von Seiten der grossen Flüssigkeitsmenge als Ursache der langsamen Contraction auffassen können; aber die Verhältnisse bei Trachelius ovum lassen sich damit nicht vereinbaren. Wahrscheinlich wird man die Ursache in einer Verschiedenheit der contractilen Substanz zu suchen haben; Näheres lässt sich jedoch darüber noch nicht anführen.

Nahe liegt nun die Frage, wie es komme, da doch die contractilen Behälter nur Lücken in der Substanz der Infusorien sind, die nach jeder Contraction gleichsam von Neuem an derselben Stelle entstehen, dass diese Lücken stets wieder dieselbe Grösse, dieselbe Lage im Parenchym erhalten. Um diese Fragen zu beantworten, ist es nothwendig, die Thiere unter gewissen pathologischen Verhält-

grösser wird, sondern zwei, die sich vergrössern, ineinanderfliessen und so wieder den gefüllten Behälter darstellen.

nissen zu beobachten, unter welchen die betreffenden Vacuolen Veränderungen zeigen. Schon lange bekannt war das Verhalten der Infusorien, wenn sie sich in einem Wassertropfen unter dem Deckgläschen befanden, welcher dem Einflusse der Verdunstung nicht entzogen wurde. Man hatte dabei öfter ein Grösserwerden der contractilen Behälter, eine Vermehrung derselben und Auftreten von hellen Blasen im Parenchym beobachtet, doch sich immer begnügt, diese Erscheinungen einfach als Symptome des Absterbens zu bezeichnen, ohne eine weitere Erklärung derselben zu versuchen. Bei Paramaecium aurelia stellen sich diese Erscheinungen folgendermassen dar. Wenn das Wasser am Rande des Deckgläschens mehr und mehr verdunstet, so werden die Paramaecien, welche anfangs eine lebhafte Bewegung zeigten, nach und nach ruhig; sie verlassen den einmal eingenommen Platz nicht mehr; dabei flimmern jedoch die Wimpern, welche immer neues Wasser in den Schlund hineintreiben, unaufhörlich weiter. Dann sieht man nach und nach die beiden Behälter grösser werden und in demselben Masse werden ihre Contractionen weniger häufig; zugleich erfolgen aber auch die einzelnen Contractionen nicht mehr so plötzlich, sondern langsamer. Oefter bilden sich dabei aus einem Theile der Radien secundäre contractile Behälter hervor, welche jedoch gewöhnlich nicht die Grösse der primären erreichen. Mehr als zwei neu entstandene sah ich nie bei einem Paramaecium. Es mag hier auch neben der Entstehungsweise aus den Radien noch, wie Lieberkühn bei Bursaria leucas beschreibt, unter gewissen Verhältnissen eine Vermehrung durch direkte Theilung der Behälter zu Stande kommen können. Oefter erfolgen die Contractionen des einen Behälters schon viel langsamer und spärlicher, während die des anderen noch rascher und frequenter sind; kurz es bestehen hier manche Unregelmässigkeiten. Schliesslich werden die Contractionen unvollständig, d. h. es wird durch eine solche nicht mehr das ganze Flüssigkeitsquantum ausgetrieben. Man sieht dann öfter, wie der Behälter unter zuckenden Bewegungen der begrenzenden Substanz ein wenig enger wird, dann aber sich bald wieder erweitert; es kann dann noch einmal eine etwas vollständigere Contraction erfolgen, aber schliesslich nimmt der Effect einer jeden Zusammenziehung immer mehr ab, bis endlich jede Spur von Thätigkeit erlischt. Dies Stadium tritt bei beiden Behältern nicht immer genau zu derselben Zeit ein. Gewöhnlich zeigen auch die contractilen Vacuolen in den letzten Minuten vor vollständigem

Erlöschen der Contractionen nicht mehr die abgerundete Gestalt, sondern stellen mehr unregelmässige Figuren dar. Es kommt ferner vor, dass ein neu gebildeter contractiler Behälter im weiteren Verlauf wieder mit dem ihm zunächst gelegenen primären verschmilzt, der dann noch einige langsame unvollständige Contractionen machen kann. Die spindelförmigen Radien zeigten während dieser Reihe von Erscheinungen keine auffallenden Veränderungen, sie führten nach wie vor den Behältern Flüssigkeit zu. Im Innenparenchym sammeln sich aber zugleich grössere Wassermengen an, so dass oft grosse unregelmässige mit Wasser gefüllte Hohlräume darin entstehen. Dies erklärt sich wohl daraus, dass die Wasseraufnahme immer noch durch den Mund stattfindet, während die Abgabe von Flüssigkeit durch die contractilen Vacuolen nicht mehr in demselben Masse erfolgen kann. Zugleich heben sich im weiteren Verlauf des Absterbens an vielen Stellen des Körpers von der Cuticula sehr zarte helle Blasen ab, deren einige in ihrem Innern Molecularbewegung zeigen. Dieselben sind schon von Dujardin beschrieben.

In ähnlicher Weise wie bei Paramaecium sehen wir unter denselben Bedingungen auch bei anderen Infusorien Veränderungen auftreten. So beobachtet man bei Chilodon cucullulus mit der Abnahme des umgebenden Wassers auch eine Vergrösserung der Behälter: dieselben ziehen sich in dem Masse, als sie grösser werden, langsamer und weniger häufig zusammen. Auffallender ist jedoch hier die Vermehrung der contractilen Vacuolen. Während bekanntlich im normalen Zustande ein Chilodon deren gewöhnlich nur drei zählt, kann man unter den angegebenen Bedingungen eine Vermehrung derselben bis gegen acht auftreten sehen, die aber von verschiedener Grösse sein können. Diese Behälter scheinen dann oft an einer Stelle verschwinden zu können, während an einer anderen Stelle ein neuer wieder erscheint.

Wie soll man nun diese Erscheinungen erklären? Man war früher geneigt, dieselben allgemein von einer Eintrocknung abzuleiten, ohne sich klar zu sein, wie dieselbe dergleichen bewirken könne. Abgesehen davon, dass die Infusorien unter diesen Umständen viel wasserreicher sind, als sonst, spricht auch noch eine andere Beobachtung dagegen. Wenn man sehr viele Paramaecien in einem Wassertropfen unter ein Deckgläschen bringt und nun der Verdunstung aussetzt, so zeigen sich die unter der Mitte des Deckgläschens liegenden Thiere sehr bald in der beschriebenen Weise verändert; viele Thiere jedoch findet man an den Rändern des Wassers noch ganz

unverändert und doch sind diese der Verdunstung offenbar viel mehr ausgesetzt, als die im Innern gelegenen; es scheint sogar, als ob die Thiere sich mit Vorliebe an die Ränder drängten; denn man findet sie reihenweise an denselben aufgestellt, während nur wenige in der Mitte dem Tode verfallen sind. Wenn also die Eintrocknung nicht Ursache des Todes ist, so bleiben nur noch zwei Annahmen übrig. Entweder sterben die Thiere ab durch die direkte Einwirkung ihrer eigenen sich in der immer geringer werdenden Flüssigkeitsmenge immer mehr ansammelnden Excretionsstoffe, oder sie sterben ab aus Mangel an Sauerstoff, indem der im Wasser befindliche sehr bald aufgenommen wird, neuer aber nur an den Rändern der Wasserschichte Zutritt hat. Erstere Erklärung hat wenig Wahrscheinlichkeit für sich. Es müssten dann doch die an den Rändern befindlichen Thiere in gleicher Weise davon betroffen werden. Wenn auch vielleicht später bei sehr weit fortgeschrittener Verdunstung diese Stoffe zur Wirkung kommen mögen, so finden die Erscheinungen des Absterbens doch schon statt, ehe der Wassertropfen an Volumen wesentlich abgenommen hat. Dazu kommt noch, dass, wenn man Paramaecien in Wasser bringt, welches mit Kohlensäure gesättigt ist, dieselben etwas abweichende Erscheinungen zeigen. Das Erste, was man an ihnen bemerkt, ist eine grosse Unruhe, die Thiere schwimmen äusserst lebhaft hin und her und sind nur sehr schwer zu verfolgen. Später kommen sie zwar auch zur Ruhe und zeigen manche ähnliche Verhältnisse beim Absterben; aber die Abnahme der Energie der Contractionen geht nicht so allmählig vor sich, es finden hier viele Unregelmässigkeiten statt. So konnte z. B. der eine contractile Behälter klein bleiben und sogar mehr Contractionen aufweisen, als normal (7—8), während zu derselben Zeit der andere sehr weit ausgedehnt war und kaum eine Zusammenziehung während einer Minute machte; dann konnte sich dieses Verhältniss wieder ausgleichen und sogar umkehren, so dass nun der vorher sich langsam und wenig contrahirende Behälter sehr frequente Contractionen zeigte.

Nach allem diesen bleibt also wohl keine andere Erklärung als Ursache des Absterbens unter den oben angeführten Bedingungen übrig, als die Annahme, dass die Abnahme des Sauerstoffs es sei, welche jene so mannigfachen Erscheinungen hervorrufe. Der Versuch einer Erklärung, wie gerade dadurch jene Erscheinungen entstehen, führt unmittelbar zur Hauptfrage, welches die Ursachen der

regelmässigen Contractionen der Vacuolen im normalen Zustande sind. Wir haben gesehen, dass der Sauerstoff der Luft es ist, welcher es möglich macht, dass dieselben in regelmässiger Weise von Statten gehen, dass bei eintretendem Sauerstoffmangel eigenthümliche Veränderungen an denselben auftreten. Der Sauerstoff der Luft ist es aber gerade, welcher die Erregbarkeit aller contractilen Substanzen erhält; mit der Abnahme des Sauerstoffs nimmt auch die Erregbarkeit ab. Dass die contractile Substanz der Infusorien erregbar ist, dass sie die Fähigkeit besitzt, auf äussere Reize selbstständig ohne Vermittlung eines Nervensystems, das ja den Infusorien fehlt, Contractionen auszulösen, lässt sich nicht in Abrede stellen. Es sei mir hier gestattet, einige Belege dafür beizubringen.

Es kommen hier zunächst elektrische Reizungsversuche in Betracht, die an Paramaecium aurelia angestellt wurden, einem Thiere, welches sonst nur passive Formveränderungen erkennen lässt, so dass es Stein unter die formbeständigen Infusorien rechnet. Es wurde zu diesen Versuchen ein Dubois'scher Schlittenapparat benutzt, der von einem Grove'schen Element getrieben wurde. Die Leitungsdrähte der secundären Spirale standen mit zwei Platinelectroden in Verbindung, die auf einem Objektträger so befestigt waren, dass sie beliebig einander genähert und entfernt werden konnten. Ich verdankte dieselben der Güte des Herrn Dr. W. Kühne, dem ich an dieser Stelle dafür meinen besten Dank sage. Es wurde meist ein Abstand der Elektroden von 4 Mm. benutzt. Der eine Leitungsdraht war durch ein mit Quecksilber gefülltes Näpfchen unterbrochen, um den Strom beliebig öffnen und schliessen zu können. Die Haupterscheinung, welche man allgemein an Paramaecien, welche Schliessungsschläge erhalten, wahrnimmt, ist Verkürzung derselben in der Längsaxe und birnförmige Gestaltung des ganzen Körpers und zwar so, dass das Vorderende sich zuspitzt, während das Hinterende anschwillt. Die Thiere, welche eine solche Gestalt angenommen hatten, zeigten noch lebhafte Wimperbewegung und waren entschieden noch im Stande, weiter zu leben, indem sie nach und nach wieder eine mehr längliche Form annahmen und davonschwammen. Ist die Zusammenziehung sehr heftig gewesen, so ist das hintere Ende fast kugelig, und es sitzt ihm das vordere Ende ungefähr so an, wie das halsförmige Stück dem eiförmigen Körper von Trachelius ovum; ja, es kommt bei sehr lange fortgesetzten Schliessungsschlägen vor, dass

das spitze Ende fast ganz eingezogen wird, so dass nun die Paramaecien kuglig erscheinen. Oeffnungsschläge erweisen sich auffallender Weise wirkungslos. Die ersten auffallenden Veränderungen dieser Art beobachtet man bei Schliessungsschlägen, wo die secundäre Spirale der primären etwa bis zur Berührung genähert war. Allein in diesem Falle hielt es schwer, die Thiere weiter zu beobachten, weil sie auf den Reiz des Schliessungsschlages sogleich fortschwammen, so dass man sie aus dem Auge verlor. Wurden dagegen die Spiralen zur Hälfte über einander geschoben, so waren die oben beschriebenen Erscheinungen besonders leicht und deutlich zu beobachten, da die Thiere denn bei jedem Schliessungsschlage eine Zeit lang an ihrer Stelle wie festgebannt waren und erst nach und nach sich erholten. Setzte man solche Reizungen längere Zeit fort, so starben die Thiere, es traten überall an der Oberfläche wasserhelle Blasen hervor und schliesslich zerplatzte das Thier und zerfloss. Oefter bemerkt man bei Anwendung dieser mittelstarken Ströme eine Vermehrung der contractilen Vacuolen; es treten anstatt zwei deren vier auf, indem sich eine jede theilt; dies ist offenbar auch nur eine Contractionserscheinung und es unterscheidet sich diese Art der Vermehrung der contractilen Behälter dadurch wesentlich von der, welche wir mehr passiv durch Ausdehnung eines Radiärkanals entstehen sehen. Decken die Spiralen sich vollständig, so kann man nunmehr durch einen einzigen Schliessungsschlag die Thiere sofort tödten; sie nehmen jedoch auch hier die birnförmige Gestalt an, zeigen aber zugleich alle Erscheinungen der Gerinnung; es verhalten sich also die Paramaecien ähnlich gegen solche Reize, wie die Amöben nach Kühne's Untersuchungen. Auch durch schnelllen Temperaturwechsel wird die Substanz der Paramaecien zu Contractionen angeregt. So sieht man, wenn man die Thiere plötzlich einer Temperatur von 40° C. aussetzt, dieselben ähnliche Formen annehmen, wie auf elektrische Reize. Auch in Kohlensäure haltigem Wasser zeigen die Thiere während des anfänglichen oben erwähnten lebhaften Erregungsstadiums mitunter auffallende Contractionserscheinungen, indem dann zuweilen das Vorderende gegen die Bauchseite des Thieres hingebogen wird, Einziehungen und Einschnürungen mannigfacher Art entstehen können, die sich jedoch bald wieder ausgleichen.

Man sieht also, dass sich die Körpersubstanz der Paramaecien (und man darf dies wohl für die meisten Infusorien behaupten) phy-

siologisch ganz ähnlich verhält, wie die der Amöben, von deren Verhalten wir so gründlich durch Kühne's Untersuchungen unterrichtet sind, obwohl die Paramaecien sich scheinbar so weit von den Amöben entfernen, da man an ihnen früher nie Contractionserscheinungen (natürlich mit Ausnahme der Zusammenziehungen der contractilen Vacuolen) wahrnehmen konnte, während solche bei anderen Gattungen der Infusorien längst bekannt waren.

Eine Art von Contractionen kommt nun im normalen Zustande allen Infusorien zu; dies sind die Zusammenziehungen der contractilen Vacuolen. Es muss also im Leben ein Reiz vorhanden sein, welcher dieselben immer zur rechten Zeit auslöst, und dieser Reiz kann offenbar nur in dem Inhalte der contractilen Vacuolen selbst gesucht werden, wobei man wieder an zweierlei Erreger denken könnte. Erstens könnten die zu entfernenden Stoffwechselproducte, wenn sie sich in genügender Menge in der Vacuole angehäuft haben, jedesmal eine Contraction auslösen; zweitens könnte auch die Flüssigkeit, wenn sie sich bis zu einer bestimmten Menge angesammelt hat, mechanisch durch ihren Druck eine Contraction anregen. Wahrscheinlich kommen hier beide Momente in Betracht, für die Erklärung der Regelmässigkeit der Contractionen ist es jedenfalls gleichgültig, welche von beiden Möglichkeiten man annimmt. Die Entstehung der Contractionen kann man sich nun folgendermassen denken. Während des Lebens bei ungehindertem Zutritt des Sauerstoffs der Luft erhält sich die Erregbarkeit der contractilen Substanz der Thiere auf einer bestimmten Höhe. Die Erregbarkeit scheint bei den verschiedenen Gattungen verschieden zu sein. Es besteht nun für den jedesmaligen Zustand der Erregbarkeit eine bestimmte Grenze, unter welche die Stärke der Reize nicht sinken darf, wenn sie Contractionen auslösen sollen. Bei Paramaecium aurelia erreicht der Reiz des Wasserdrucks und der Excretionsstoffe erst dann diese Grenze, wenn die contractile Vacuole die Ausdehnung erreicht hat, welche wir sie im normalen Zustande einnehmen sehen. Dann ist der Reiz stark genug, nur eine Contraction auszulösen. Die Vacuolen erreichen somit selbstverständlich, so lange die Erregbarkeit dieselbe bleibt, auch immer wieder dieselbe Grösse. Die Frequenz der Contractionen bleibt ebenfalls dieselbe, da ja die Frequenz von der Grösse der contractilen Behälter abhängig ist. Findet man nun bei anderen Gattungen, z. B. bei Chilodon kleinere contractile Vacuolen, so muss man annehmen, dass ihre Körpersubstanz erregbarer ist, da hier schon

kleinere Reize Contractionen auslösen, was man auch durch Reizungsversuche bestätigt findet. Umgekehrt muss man dann der Substanz der Infusorien mit grösseren contractilen Vacuolen eine geringere Erregbarkeit zuschreiben.

Bei Paramaecicum aurelia kann man sich ferner deutlich davon überzeugen, dass die Contraction nicht sofort eintritt, wenn der Reiz sein Maximum erreicht hat, dass vielmehr erst etwas Zeit vergeht, ehe die Zusammenziehung erfolgt. Es bestände somit auch hier ein Stadium latenter Reizung.

Die Veränderungen der contractilen Behälter, welche man bei Mangel an Sauerstoff eintreten sieht, lassen sich nunmehr auch leicht erklären. Mit der Abnahme des Sauerstoffs nimmt auch die Erregbarkeit der contractilen Substanz ab; es muss sich daher eine immer grössere Flüssigkeitsmenge ansammeln, um noch Reize auszulösen, und so sieht man bei abnehmender Erregbarkeit die contractilen Behälter immer grösser, ihre Contractionen immer spärlicher werden; kurz, es lassen sich alle Erscheinungen, die man hier an den contractilen Vacuolen wahrnimmt, sehr leicht aus obiger Annahme ableiten. Umgekehrt wird unter gewissen Umständen die Erregbarkeit der Substanz erhöht. So wurde oben angeführt, dass die Einwirkung der Kohlensäure anfangs von einem kurzen Stadium erhöhter Erregbarkeit begleitet sei; es wurden in diesem Falle vermehrte Contractionen der Behälter mit Abnahme ihres Durchmessers beobachtet, was sehr gut mit der Theorie übereinstimmt. Es ist in diesem Falle ein viel geringerer Reiz nöthig, um eine Contraction hervorzurufen.

Ausser der verminderten Sauerstoff-Aufnahme giebt es noch andere Momente, welche die Erregbarkeit herabsetzen. So sieht man bei bestimmten Temperaturgraden fast dieselben Erscheinungen eintreten, wie sie oben für Paramaecium aurelia bei Sauerstoff-Abnahme beschrieben wurden. Die Temperatur, bei welcher die Erregbarkeit bedeutend herabsank, lag für eine grosse Epistylis-Art bei 38° C., während die Gerinnung desselben Thieres bei 40° C. eintrat. Für Paramaecium aurelia liegen beide Temperaturen etwas höher.

Wenn nun auch die Beständigkeit der Grösse der contractilen Vacuolen und der Frequenz ihrer Contractionen in dem oben Angeführten vielleicht eine Erklärung gefunden hat, so geht doch daraus noch nicht hervor, wie man sich die Beständigkeit der Zahl und Lage dieser Behälter zu erklären habe. Es lassen sich bis jetzt darüber nur Vermuthungen aufstellen. Was zunächst die Frage be-

trifft, woher es komme, dass bei der einen Art nur ein contractiler Behälter, bei anderen zwei oder mehr vorkommen, so lässt sich dies vielleicht damit in Zusammenhang bringen, dass, wo mehrere contractile Vacuolen existiren, die Erregbarkeit der Körpersubstanz eine besonders hohe ist. Die Behälter werden dann nie sehr gross werden; es wird dann aber auch einer nicht ausreichend sein, um die aus der Körpersubstanz andringende Flüssigkeit auszustossen, indem in diesem Falle viel mehr Wasser durch den Mund von Aussen aufgenommen wird, als durch einen contractilen Behälter wieder entfernt werden könnte. Es werden dann deren mehrere nöthig, um ein Gleichgewicht herzustellen. Die mehrfachen contractilen Vacuolen sind dann aber begreiflicher Weise bei demselben Individuum auch immer von derselben Grösse; meist sind sie auch bei derselben Art in derselben Zahl vorhanden. Doch kommen hier, was sich mit der eben aufgestellten Ansicht recht gut vereinigen lässt, auch Abweichungen vor. So schwankt bei Chilodon cucullulus nach den sorgfältigen Untersuchungen Stein's die Zahl jener Behälter. Während sie bei den Individuen der kleineren Varietät meist drei beträgt, kommen bei den grösseren Individuen öfter einige mehr vor.

Die Beständigkeit, mit welcher die contractilen Behälter bei den einzelnen Arten immer an einer bestimmten Stelle in der Substanz vorkommen, ist zwar eine grosse, doch kommen auch hier Abweichungen vor, wie die oben bei Trachelius ovum beschriebenen Verhältnisse darthun. Betrachtet man zunächst die Arten mit vorderer Mundöffnung, welche nur eine contractile Vacuole aufzuweisen haben, so lässt es sich hier meist nachweisen, dass die Behälter das dem Munde entgegengesetzte Körperende einnehmen, z. B. bei Prorodon und anderen. Der Flüssigkeitsstrom im Körper hat hier offenbar die Richtung nach dem hinteren Körperende zu, und so sammelt sich denn hier die Flüssigkeit an, um durch Contractionen ausgestossen zu werden. Bei Stentor und den Vorticellen liegt die contractile Vacuole zwar im vorderen Körperende, aber ebenfalls im Bereich des Flüssigkeitsstromes, der bei diesen Thieren einen Kreislauf zum hinteren Körperende und von da zurück zum vorderen macht. Bei anderen mit einer Vacuole lässt sich freilich eine solche Beziehung nicht so leicht nachweisen, ebenso wie bei manchen mit mehreren contractilen Behältern. Von diesen scheint Paramaecium noch am ersten jene Annahme zuzulassen, da hier bekanntlich auch eine Rotation im Körperparenchym stattfindet. Jedenfalls wird

also die Lage der Vacuolen wesentlich durch die Richtung des Flüssigkeitsstromes bedingt, und diese hängt wiederum in vielen Fällen von der Lage und Richtung der Mundöffnung ab. In vielen anderen reicht dies jedoch zur Erklärung nicht aus und wir müssen dann wohl diese Abweichung als durch die Beschaffenheit der contractilen Substanz bedingt ansehen, obwohl wir über die dabei in Betracht kommenden Verhältnisse uns noch nicht Rechenschaft geben können.

Berlin, den 14. September 1866.

Ueber den Einfluss der Gase auf die Flimmerbewegung.

Von

W. Kühne.

Die Thatsachen, welche die Bewegung der Flimmerhaare auf Epithelialzellen einer Thätigkeit des Zellenleibes zuweisen, mehren sich durch alle neueren Angaben. Es steht fest, dass von der Zelle getrennte Flimmerhaare sofort gestreckt und bewegungslos werden und andererseits ist es bereits mehreren Beobachtern gelungen, die Haare mit ihren Wurzeln durch die Basis der Epithelialkegel bis in das Protoplasma hinein zu verfolgen (Valentin u. Buhlmann, Friedreich, Eberth). Wenn nun die Bewegung der Cilien hervorgebracht wird durch Bewegung des Protoplasmas, und diese wiederum begründet ist in der Contractilität desselben, so muss die Flimmerbewegung unter denselben Einflüssen beschleunigt, verlangsamt und vernichtet werden, unter welchen die Contractionsbewegungen thierischer Zellen die gleiche Verminderung erfahren. Hinsichtlich des verlangsamenden oder hemmenden Einflusses ist dies bereits für eine grosse Anzahl von Reagentien durch die älteren Untersuchungen bei den Flimmerzellen festgestellt, so wie es auch durch Calliburces Versuche erwiesen ist, dass Steigerung der Temperatur die Bewegung beschleunigt, wie das bekanntlich für jede Art der Contraktionsbewegung jedes Protoplasmas gilt (v. Mohl, M. Schultze). Kistiakowsky hat endlich Beschleunigung der Flimmerbewegung durch constante electrische Ströme so wie durch Inductionsschläge beobachtet.

Es schien mir deshalb nicht unerheblich die Analogie zwischen Flimmer- und Protoplasmabewegung durch noch weitere Versuche festzustellen. Wir wissen, dass das Protoplasma zur Bewegung des

Sauerstoffs bedarf, so dass nach Entziehung dieses Gases mittelst einer Wasserstoff- oder Kohlensäureatmosphäre Stillstand erfolgt. Dasselbe gilt für die Flimmerbewegung. Ich brachte abgeschabtes Epithel von den Kiemen der Anodonta in eine mikroskopische feuchte Gaskammer und leitete einen raschen Strom chemisch reinen Wasserstoffgases darüber. Nach Austreibung aller atmosphärischeu Luft aus dem Apparate verlangsamte sich die Bewegung allmählig und stand endlich ganz still. Wurde dagegen nur eine Spur von Luft in den Apparat gebracht, so begann sie augenblicklich wieder. Zu diesem Versuche muss ich bemerken, dass er in einer Form sehr leicht gelingt, nämlich dann, wenn man einen Brei abgeschabten Flimmerepithels in einer aufrechtstehenden feuchten Kammer von der Recklinghausen'schen Construction durch einen raschen Wasserstoffstrom zerquetschen lässt. Man überzeugt sich vor dem Versuche, dass die Bewegung überall sichtbar ist, und beobachtet dann nach Verschluss des Apparates und während seitlicher Ableitung des Gasstromes überall Stillstand der Bewegung. Der Wiederbeginn des Flimmers sogleich nach dem Durchsaugen von Luft durch die Kammer liefert die Controlle, dass der Sauerstoffausschluss die einzige Ursache des Stillstandes war. — Will man hingegen an einer Zelle oder an einer Zellenreihe die Verlangsamung und den Moment des Aufhörens der Bewegung beobachten, so ist die Anwendung der von mir angegebenen feuchten Gaskammer nicht zu umgehen. Hier dauert der Versuch indessen länger, weil das Zerquetschen des Epithelialbreies, der ohne Zweifel absorbirten Sauerstoff enthält, nicht stattfindet, und weil in der grösseren Glastrommel die Luftverdrängung mittelst des Wasserstoffstromes nicht so schnell stattfinden kann. Für die Wiederholung des Versuches muss ich hinzufügen, dass man sich vor einer zu raschen Wasserstoffentwicklung zu hüten habe, da in der Kammer leicht Luftwirbel entstehen, welche die Austreibung des Sauerstoffs noch mehr erschweren. In allen Fällen muss der Wasserstoffentwicklungs- und Waschapparat sehr vollkommen schliessen. Die kleinste Undichtigkeit in den Kautschukverbindungen, und auch ein unvorsichtiges Eingiessen der Schwefelsäure in den Trichter der Entwicklungsflasche genügen, den Erfolg des Versuches zu vereiteln. Steht die Bewegung einmal still, so braucht man nur eine winzige Luftblase durch den Eingusstrichter hinabstürzen zu lassen, um das Flimmern sofort für einige Zeit wieder beginnen zu sehen.

Es ist möglich die Sauerstoffentziehung an den Flimmerhaaren während des Versuches noch durch ein Reagens zu erkennen. Ich habe mich dazu einer reinen Lösung von Oxyhämoglobin bedient, in welcher ich die Zellen beobachten konnte. Erst als ein Blick durch den Spektralapparat zeigte, dass das Oxyhaemoglobin in reducirtes (Ofreies) Hämoglobin umgewandelt war, stand die Bewegung still.

Die Flimmerhaare entnehmen nicht allein der Atmosphäre oder der in Wasser absorbirten Luft den Sauerstoff, dessen sie zur Entwicklung lebendiger Kraft bedürfen, sondern sie sind auch im Stande ihn anderen Körpern, in welchen der Sauerstoff chemisch gebunden ist, zu entziehen. Ein solcher Körper ist das Oxyhaemoglobin. Bringt man ein Tröpfchen der wässerigen Lösung dieses Körpers, der von abgeschabtem Flimmerepithel dicht erfüllt ist, in das capillare Centrum der Recklinghausen'schen feuchten Kammer, und leitet solange Wasserstoff darüber, bis die Bewegung noch nicht erloschen, bis aber der äussere etwas dickere Rand des rothen Tropfens, welcher mit dem Gase in direkter Berührung steht, anfängt, die dunkle Farbe des reducirten Hämoglobins anzunehmen, und schmilzt man zu dieser Zeit die beiden Röhrenenden des Apparates vor der Lampe zu, so sieht man die Bewegung nach einiger Zeit erlöschen. In diesem Momente ergiebt auch die spektralanalytische Prüfung, dass der ganze Hämoglobintropfen sauerstofffrei geworden. Wie es scheint lässt sich die Zeit des Aufhörens der Bewegung und der vollständigen Reduction des Hämoglobins erheblich abkürzen, durch Erwärmen der Kammer auf etwa 30° C. Beim Aufbrechen der zugeschmolzenen Spitzen des Apparates beginnt die Flimmerbewegung namentlich im Centrum der capillaren Scheibe nicht sofort wieder, sondern man sieht deutlich, dass der dunkelrothe sich schnell hellroth umsäumende Tropfen erst gleichmässig die letztere Farbe annehmen muss, wenn man sicher sein will die Bewegung im Centrum wieder vorzufinden. Da dieser Vorgang ziemlich lange dauert, so hat man Gelegenheit in dem hellrothen Saume schon bewegte Cilien zu finden, während im dunkelrothen Centrum noch Ruhe herrscht.

Weniger umständlich unterrichtet man sich über Form und Lage der Wimpern während vorübergehender Ruhe oder Lähmung ihres Protoplasmas, wenn man den Stillstand durch Kohlensäure erzeugt. In reiner Kohlensäure erlischt die Flimmerbewegung selbstverständlich.

allein sie thut es auch in einer nur mässig mit Kohlensäure vermischten Atmosphäre. Hier stehen alle Wimperhaare, gerade wie es auch im Wasserstoff der Fall ist, während der Ruhe gestreckt, und besonders beim allmähligen Verschwinden oder dem Wiederbeginn der Bewegung, erkennt man während des ersten langsamen Schwingens, wie die ganze Bewegung nur in der bekannten Hakenbiegung der Haare besteht. Dieselbe ist bei allen Haaren einer Zelle stets synchron, an den abgeschabten einschichtigen Reihen der einhaarigen Zellen genau von Zelle zu Zelle alterirend.

Der Stillstand der Flimmerbewegung, welcher in kohlensäurehaltiger Luft mit einer Promptheit erfolgt, die den Versuch zur Demonstration bei Vorlesungen sehr geeignet macht, scheint weniger auf einer Sauerstoffentziehung oder Austreibung zu beruhen, als auf der Wirkung der Kohlensäure als Säure. Wenn ich nämlich einen mässigen Luftstrom aus einem Gasometer durch die Gaskammer leitete, dem sich ein zur Erreichung der Wimpernruhe grade hinreichender Co_2 Strom mittelst einer Zweigleitung aus einem constanten Entwicklungsapparate zugesellen konnte, so kehrte die Bewegung nach einiger Frist regelmässig wieder, falls ich denselben Doppelstrom der Gase vor dem Eintritte in die Kammer durch eine verdünnte Lösung von doppelt kohlensaurem Ammoniak leitete, ein Versuch, der mittelst verzweigter Röhren und einer Hahnclaviatur sehr elegant ausführbar ist. Nach wiederhergestellter Bewegung gelang es dann leicht beim Ausschütten der Ammoniakflasche durch eine Hahndrehung sehr bald die frühere Ruhe zu erzeugen. Versuche, in welchen ich zum flüssigen Medium für die Zellen eine Emulsion von fein vertheiltem coagulirtem und mit Lackmus gefärbtem Eiweiss benutzte, zeigten auch, dass der Stillstand allemal erfolgte, wenn die blauen Eiweissklümpchen durch die kohlensäurehaltige Luft sich zu röthen begann, und dass die Bewegung nicht eher wieder auftrat, bis das kohlensaure Ammoniak die anfängliche Färbung wiederhergestellt. Ich habe endlich ganz genau dasselbe Abwechseln des ruhenden und bewegten Zustandes ohne Anwendung wie Co_2 anzeigen können, indem ich nur einen Luftstrom benutzte, der durch mässig verdünnte Essigsäure geleitet war, und statt welcher ich zur Neutralisation des Zellpräparates dann das Ammoniakgefäss einschaltete. Der Wiederbeginn der Flimmerbewegung nach dem künstlich erzeugten Stillstande durch Kohlensäure oder durch Essigsäuredampf in einer schwach ammoniakalischen Atmosphäre, erinnert an die sog. Wieder-

belebung der Flimmerzellen durch Alkalien, welche Virchow vor längerer Zeit entdeckte. Wenn ich auch im Grunde überzeugt bin, dass der Virchow'sche Versuch auf ganz ähnlichen chemischen Veränderungen der Zellenleiber, des Cilienepithels beruht, wie der meinige, so muss doch erwähnt werden, dass Virchow grade das Ammoniak unwirksam fand. Die Wirksamkeit eines Wiederbelebungsmittels wird offenbar abhängig sein von der Beschaffenheit des Reagens, durch welches die Bewegung aufgehoben wurde. Bei dem sog. natürlichen Tode der Flimmerzellen sind uns die zunächst auftretenden Zersetzungsproducte, welche vielleicht aus einem nicht zum contraktilen Zellenleibe gehörenden Theile der Zellen (z. B. aus dem Zellsafte im Sinne Brücke's) stammend, die Erregbarkeit des Protoplasmas herabsetzen können, unbekannt, während uns die Bewegungshemmer in den obigen Versuchen bekannt sind. Es liess sich demnach erwarten, dass für den künstlich erzeugten Scheintod der Flimmerzellen wenigstens sehr verschiedene Wiederbelebungsmittel zu finden sein müssten. Dem ist in der That so: haben die Zellen in Co_2 ihre Bewegung eingebüsst, so genügt ein Luftstrom sie wieder schlagen zu lassen; nach Essigsäuredämpfen leistet der Luftstrom Nichts, wohl aber Ammoniak oder irgend welche Alkalien. Endlich kann man sogar durch eine Säure die Bewegung wieder erzeugen, nämlich in dem Falle, wo die Bewegung durch Alkalescenz vernichtet war. Man braucht nur mit kohlensaurem Ammoniak schwach geschwängerte Luft einige Zeit über das Präparat zu leiten, um alsbald die Flimmerruhe entstehen zu sehen. Auf diese folgt nach einiger Zeit wieder Bewegung, wenn man den Luftstrom nun über Essigsäure leitet, und zwar erst dann, wenn das Präparat die intensiv alkalische Reaction verloren, wie der Lackmustropfen lehrt. Ein Ueberschuss der Essigsäuredämpfe wirkt natürlich im entgegengesetzten Sinne, allein die Bewegung lässt sich häufig zum zweiten Male, ja noch öfter wiederherstellen durch Alterniren des sauren oder des alkalischen Gasstromes. Es hat mir nicht gelingen wollen, durch Essigsäure oder Ammoniakcarbonat zum Stillstande gebrachte Flimmerzellen nur durch einen Luftstrom wieder zum Schlagen zu bringen, noch die ammoniakalischen Zellen durch umsichtiges Behandeln mit Co_2 dazu zu veranlassen.

Die Wiederkehr der Flimmerbewegung tritt auch dann noch ein, wenn die Zellen durch das eine oder das andere Reagens schon jene leicht wahrnehmbaren Veränderungen erlitten haben, die sich durch

Trübung und Schrumpfung kenntlich machen. Bereits hyalin gewordene gequollene Zellen gewinnen dagegen die Beweglichkeit nicht wieder. Der durch Ammoniak erzeugte Stillstand ist nach der Lage der Flimmerhaare nicht zu unterscheiden von dem in Wasserstoff, Kohlensäure oder Essigsäure erzeugten, vielmehr zeigt die gestreckte Haltung der elastischen Wimpern, dass keineswegs von einem tetanischen Zustande des Zellprotoplasmas die Rede sein kann, den man nach Analogie des Ammoniaktetanus der Muskelsubstanz hätte voraussetzen können.

Kohlenoxydgas selbst in sehr beträchtlicher Menge einem Luftstrome beigebracht, zeigt gar keinen Einfluss auf den Verlauf der Flimmerbewegung.

Objectträger zur Beobachtung lebender Froschlarven.

Von

F. E. Schulze in Rostock.

Im ersten Hefte des XXXV. Bandes von Virchow's Archiv (erschienen im Januar dieses Jahres) sind von A. Böttcher in Dorpat auf Grund einer eingehenden Kritik der bei der Untersuchung von Bewegungserscheinungen an Zellen bis jetzt angewandten Methoden, besonders der sogenannten »feuchten Kammer« auch Zweifel gegen die selbstständige Form- und Ortsveränderung der sogenannten contractilen Zellen ausgesprochen, und ist die Möglichkeit hervorgehoben, »dass die amöboiden Bewegungen der Zellen, wie sie auf dem Objectträger sich beobachten lassen, unabhängig von dem Leben derselben, durch äussere Einflüsse hervorgerufen werden«.

Schon v. Recklinghausen hat, um Einwänden der Art zu begegnen, die beweglichen Bindegewebszellen im Schwanze der lebenden Froschlarve aufgesucht und beschrieben (Ueber Eiter und Bindegewebskörperchen. Virch. Archiv. Bd. 28. p. 174 u. 175). Seit längerer Zeit mit der Beobachtung dieser Bewegungsformen an unversehrten, lebenden Thieren beschäftigt, kann ich die Angaben v. Recklinghausen's im Wesentlichen bestätigen und will mir hier nur erlauben, eine für die bequeme Beobachtung der wirklich im Leben vorhandenen Form- und Ortsveränderung von Bindegewebszellen nützliche Vorrichtung, deren ich mich seit lange mit Vortheil bediene, und welche auch zu anderen am lebenden Wirbelthiere auszuführenden Untersuchungen sich sehr empfiehlt, kurz zu beschreiben.

Objectträger von einiger Dicke werden mit eigenthümlich geformten, an der oberen Fläche sich öffnenden Vertiefungen versehen,

welche den Zweck haben, den dicken Leib des zu untersuchenden Thieres aufzunehmen und von Wasser umgeben zu erhalten[1]).

An die für den Rumpf des Thieres bestimmte Vertiefung kann sich eine seichtere zur Aufnahme des Schwanzes anschliessen, wenn dieser erheblich dick ist und ohne Druck untersucht werden soll. Die Form und die Dimensionen eines solchen Ausschnittes richten sich nach der Form und Grösse des Beobachtungsobjectes. Für Triton-Larven hat sich mir eine Construction der Lücke als zweckmässig bewährt, zu deren Erläuterung die beistehenden Figuren dienen mögen,

Fig. 1.

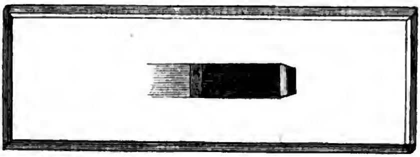


Fig. 2.



von welchen Nro. 1 den Objectträger von oben, Nro. 2 im durch die Mitte gelegten senkrechten Längsschnitte zeigt. Besonders vortheilhaft ist das Abschrägen der einen schmalen Wand, an welche das vordere Kopfende des Thieres stösst, indem hierdurch das Emporheben des Kopfes und somit eine allgemeine Bewegung des Thieres verhindert wird. Der Schwanztheil muss sich, um platt in dem seichten Theile des Ausschnittes liegen zu können, an seiner Basis etwas um die Längsaxe drehen, was indessen der Larve keine besondere Unannehmlichkeit zu bereiten scheint. Man wird gut thun, sich mehrere Gläser der Art von verschiedener Form des Ausschnittes zu halten, wenigstens muss für die Froschlarve der tiefe Theil der Grube bedeutend kürzer sein als beim Triton,

1) Abgesehen von den Wirbellosen habe ich die Larven von Tritonen und Fröschen, sowie ganz junge Fische benutzt. Besonders geeignet erwiesen sich die Larven von Triton taeniatus, als des wenigst pigmentirten der hiesigen Tritonarten, in einer Länge von 2 3 Ctm., die Larven von Rana esculenta, 1,5—2,5 Ctm. lang, und junge Barsche von 1—1,5 Ctm. Länge.

auch muss hier der flache für den Schwanz bestimmte Abschnitt noch etwas seichter als dort sein oder kann ganz fehlen und dafür die hintere schmale Wand der Lücke sehr schräge gelegt oder etwas abgerundet werden, so dass alsdann der platte Schwanz direct auf der ebenen Oberfläche des Objectträgers ruht. Für die Fischchen werden die Lücken noch schmaler und seichter sein müssen, und empfiehlt es sich hier die ganze untere Wand in einer Ebene schräge bis zur oberen Fläche auslaufen zu lassen.

Da das Ausschleifen derartiger Lücken aus einem dicken Glasstücke von der Fläche her Schwierigkeiten bereitet und die Gläser sehr theuer machen würde, so habe ich stets einen solchen Apparat aus drei planparallelen Glasplatten zusammengesetzt. Von diesen ist die unterste (in Fig. 2 des Holzschnittes sichtbar) Nichts als ein gewöhnlicher Objectträger. Auf diese Grundplatte werden dann zwei andere mit einfachen von der Seite her gefertigten Ausschnitten versehene Glasplatten, welche zusammen den Umfang der untersten haben und auf diese sowie aneinander genau passen, mit Canadabalsam aufgekittet. Die in Fig. 1 angegebene feine Querlinie bezeichnet die Verbindung dieser beiden letzteren Glasstückchen. Jeder Optiker wird derartige leicht herzustellende Objectträger zu billigem Preise liefern können. Beim Gebrauche füllt man nun die ganze Grube mit Wasser, bringt das Thier so hinein, dass das vordere Kopfende unter die überstehende schmale Wand und der Schwanz in den seichten Theil des Ausschnittes resp. auf die obere ebene Fläche des Objectträgers zu liegen kommt und bedeckt das Ganze mit einem etwas grossen und möglichst dünnen Deckblättchen.

Die neuen Steinheil'schen Loupen.

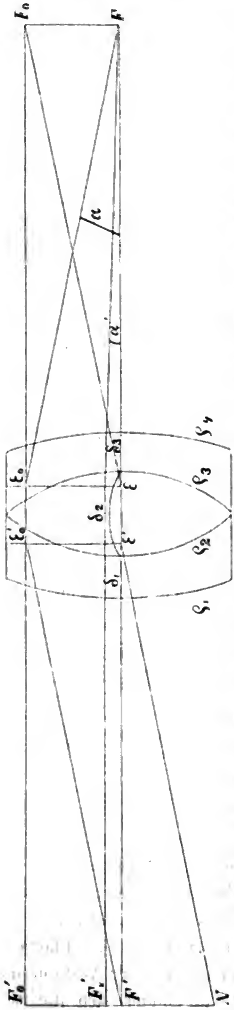
Herr Dr. Ad. Steinheil (Firma C. A. Steinheil) in München hatte die Güte, mir eine Reihe seiner zu Hand- und Präparirloupen geeigneten Linsen zur Prüfung einzusenden. Da dieselben ein ebenes, unverzerrtes, in und ausser der Axe achromatisches Bild geben und sich dadurch vor anderen Loupen sehr vortheilhaft auszeichnen, auch einen sehr grossen Objectabstand zulassen, so bat ich den Verfertiger um eine Notiz über das Princip, nach welchem dieselben construirt seien. Mit sehr dankenswerther Bereitwilligkeit ist Herr Dr. Ad. Steinheil meiner Bitte nachgekommen und gestattet mir die Veröffentlichung nachstehender Angaben, welche bis auf die Brechungsindices der angewandten Glassorten, welche natürlich ein Geheimniss des Verfertigers bleiben, jeden wünschbaren Aufschluss gewähren.

»Umstehende Figur stellt eine der achromatischen Loupen in den richtigen Verhältnissen dar. Die Dimensionen sind:

$$\begin{array}{l} \varrho_1 = +\ 28''' \\ \varrho_2 = +\ 13''' \\ \varrho_3 = -\ 13''' \\ \varrho_4 = -\ 28''' \end{array} \quad \begin{array}{l} \delta_1 = 3''' \\ \delta_2 = 6''' \quad EF = 35''' \text{ (Wahre Brennweite).} \\ \delta_3 = 3''' \end{array}$$

(Die Radien sind positiv genommen, wenn sie dem auffallenden Lichte die convexe Seite zuwenden.) Die Combination ist in Bezug auf den optischen Mittelpunkt vollkommen symmetrisch. Eine biconvexe Crownglaslinse zwischen zwei Menisken aus Flintglas. Ein aus F'x kommender parallel zur Axe und dieser ganz nahe einfallender Strahl ergiebt, trigonometrisch von Fläche zu Fläche verfolgt, den Brennpunkt F und den Winkel α'. Da der Abstand dieses Strahles von der Axe F' F'x bekannt ist, findet sich die wahre

Brennweite β aus der Formel: $\beta = \frac{F'' F' x}{tg\, \alpha'}$ und daraus der Hauptpunkt E der um die Distanz β von F entfernt ist. Es ist E der Anfang der Brennweite. Nun wurden, unter Beibehaltung der Symmetrie, indem über Radien, Dicken und die Wahl der Glasarten verfügt wurde, auf dem Wege trigonometrischer Rechnung diejenigen Dimensionen festgestellt, bei welchen ein aus F'_0 in beträchtlichem Abstande von der Axe ($^1/_6$ Brennweite) und parallel zu dieser einfallender Strahl so gebrochen wird, dass zwei Farben[1] (orange und grün, die den hellsten Theil des Spektrums einschliessen) nach ihrem Austritte an der letzten Fläche, im gleichen Punkte F wie der Axenstrahl die Axe schneiden, und zwar beide unter dem Winkel α, welcher so sein muss, dass die wahre Brennweite dieser Strahlen $\frac{F'' F'_0}{tg\, \alpha}$ derjenigen des Axenstrahles gleich ist. Hiedurch ist erreicht, dass alle Theile des Objectives (bis auf die Ordnung von Zwischenfehlern) gleiche Brennweiten für Strahlen von zweierlei Brechbarkeit haben. Während Kugelstalt- und Farben-Fehler durch die Vereinigung im Punkte F gehoben sind, ist dadurch, dass der erste Hauptpunkt für die ganze Oeffnung derselbe (dass die Hauptebene senkrecht zur Axe ist) die Verzerrung gehoben. Der Grund hievon ist leicht einzusehen; deckt man ein Objectiv



1) In die der ursprünglich weisse Strahl zerlegt wird.

grösstentheils zu und lässt nur einen kleinen Theil der Fläche wirken, so erhält man auf einer durch den Brennpunkt gehenden Normalebene zur Axe ein ganzes (aber lichtschwaches) Bild, z. B. eines Fensters; jeder Theil des Objectives erzeugt ein solches Bild. Die Grösse dieser Bilder ist abhängig von der Brennweite des Objetives oder Objektivtheiles. Wirkt das ganze Objektiv, so decken sich diese Bilder und das Gesammtbild kann nur dann deutlich werden, wenn alle diese Bilder gleich gross, wenn die Theile des Objectives, die sie bilden, gleiche wahre Brennweiten haben: und es entstehen in grösserer Entfernung von der Axe nur dann keine farbigen Säume, wenn die verschieden farbigen Bilder gleich gross, also auch die wahren Brennweiten für verschiedene Farben gleich sind. Praktisch lässt es sich leicht zeigen, dass wenn bei einem Objective die Hauptebene senkrecht und die Abweichung von der Kugelgestalt gehoben ist, keine Verzerrung eintritt. Sieht man z. B. durch ein solches Objectiv gegen ein Fensterkreuz, indem man dasselbe in solchen Abstand vom Auge hält, dass das vom Objectiv entworfene Luftbild in der deutlichen Sehweite des Auges liegt, so erscheinen alle geraden Linien wieder gerade und sie bleiben gerade, wenn man das Objectiv neigt.

Es ist also bei dem Objective die erste Hauptlinie EE_0 senkrecht und der erste Brennpunkt in F. Da nun das Objectiv vollkommen symmetrisch gegen den optischen Mittelpunkt ist, so ist es auch die Lage des zweiten Haupt- und Brennpunktes E' und F' und es ist auch die zweite Hauptebene $E' E'_0$ senkrecht, sowie ferner noch für den Brennpunkt F der Kugelgestalt- und Farbenfehler gehoben. Es geht also der Strahl $F_0 E'_0 F'$ (welcher einem um die halbe Oeffnung von der Axe entfernt liegenden Punkte des Bildes angehört) ganz ähnlich wie der Strahl $F'_0 E_0 F$ und wie in der Figur. Für diesen Bildpunkt F_0 ist aber durch die symmetrische Lage der beiden Hauptpunkte gegen den optischen Mittelpunkt noch ein zweiter Strahl bekannt, nämlich der Hauptstrahl; er geht in Wirklichkeit durch den optischen Mittelpunkt der Linse und wird nach beiden Richtungen (wegen der vollständigen Symmetrie) in Höhe und Neigung gleich viel abgelenkt, so dass seine Austrittshöhen und Austrittswinkel auf beide Seiten nothwendig die gleichen sind; er tritt also nothwendig seiner Einfallsrichtung parallel aus und erleidet nur eine Verlegung in der Höhe, die durch den Abstand der Hauptpunkte bedingt ist. Es zielt der zu $F' E'_0$ parallel einfallende Strahl NE'

auf den Hauptpunkt E' und tritt nach dem Hauptpunkte E zielend an der letzten Fläche, in der zur ursprünglichen parallelen Richtung EF_0 aus. Es ist somit für 2 Punkte des Bildes, die in einer senkrechten Ebene liegen, nachgewiesen, dass sie durch parallel einfallende Büschel gebildet werden. Nämlich ein parallel zur Axe einfallender Büschel bildet den Bildpunkt F; ein Büschel, dessen Grenzstrahlen $F'E'_0$ und NE' sind, bilden den Bildpunkt F_0. Für die Loupe kehrt sich der Fall um, F und F_0 sind zwei in einer Ebene liegende Punkte eines Objectes, deren Strahlenkegel nach der Brechung durch die Loupe parallel ins Auge treffen.«

Die mir vorgelegten Sorten hatten nach Steinheil eine Aequivalentbrennweite von 27''', 18''', 12''', 8''', 6''', 4''', was bei 8'' Sehweite Vergrösserungen von resp. 3½, 5, 8, 12, 16 und 24 Mal ausmacht.

M. Schultze.

Mikroskopische Präparate.

Herr Theodor Deecke in Lübeck beschäftigt sich seit längerer Zeit mit der Herstellung haltbarer mikroskopischer Präparate von Hämoglobin- (Hämatokrystallin) Krystallen verschiedenster Thiere. Die mir zur Probe übersandten Präparate von dem Blute von vier Katzenarten, Felis Leo, Puma, marmorata und domestica zeichnen sich durch Grösse der Krystallindividuen und wunderbar schöne Erhaltung aus. Herr Deecke wird von dem Hamburger zoologischen Garten mit dem Blute dort sterbender seltener Thiere versorgt und theilt mir mit, dass er eine ganze Reihe von Präparaten von Blutkrystallen verschiedener Thiere hergestellt habe und käuflich ablasse.

Die Anatomiediener Herbst und Schöpf in Würzburg veröffentlichen in dem letzten Hefte der Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie eine Preisliste mikroskopischer Präparate, in welcher die Hartgebilde einer grossen Zahl von Polypen und Spongien, Schliffe von Echinodermen und der Knochen, Zähne und Schuppen sehr vieler Wirbelthiere aufgeführt sind. Auch erbieten sich die Genannten zur Anfertigung von Schliffen irgendwelcher einzusendender Objecte.

M. Schultze.

Berichtigung

zu dem Aufsatz von Courvisier im ersten Hefte dieses Bandes.

Seite 14, Zeile 16 von unten: statt Gränzstrangformen lies: Gränzstrangfasern.
Seite 31, Zeile 6 von oben: statt gehörigen lies: gröberen.
Seite 37, Zeile 6 von oben: statt 76 — 78 lies: 16 — 18.

Auf der zugehörigen Tafel hat der Kupferstecher in der »geraden Faser« von Fig. 5 die »Degenerationskügelchen« vergessen, welche auf der Originalzeichnung vorhanden sind.

Preis-Courant

der

optischen Instrumente des von C. Kellner in Wetzlar gegründeten Instituts.

Nachfolger Fr. Belthle, Optiker & Mechaniker.

Für 1866.

Microscope.

		Th.	Sgr.
1.	Grosses Microscop. Grobe Einstellung durch Zahn und Trieb und feine desgl. mit Micrometerschraube. — Polarisationsapparat. — Ocularglasmicrometer. — Zeichenapparat. — Spiegel concav u. plan für schiefe Beleuchtung. — Bewegung des Instrumentes um die optische Axe. — Ocular orthoscopisch I., II., III. u. IV. und System 0., 1., 2., 3, u. 4. Vergrösserungen von 25—1500	120	—
2a.	Mittleres Microscop. Grobe Einstellung durch Zahn und Trieb und feine desgl. mit Micrometerschraube. — Spiegel concav u. plan, für schiefe Beleuchtung. — Ocularglasmicrometer. — Bewegung des Instrumentes um die optische Axe. — Ocular I., II. u. III. System 0., 1., 2. u. 3. Vergrösserungen von 25, 35, 50, 75, 110. 145, 150. 220, 300, 320, 500—700	85	—
	Dasselbe ohne Bewegung um die optische Axe . .	80	—
2b.	Mittleres Microscop. Mechanische Theile wie bei 2a. — Ocular I., II. u. III. System 0., 1. u. 3. Vergrösserungen von 25, 35, 50, 75, 110, 145, 320, 500—700	75	—
3a.	Kleines Microscop. Grobe Einstellung durch Tubusverschiebung, feine desgl. durch Micrometerschraube. — Spiegel für schiefe Beleuchtung. — Ocular I., II. u. III. System 0., 1. u. 3. Vergrösserungen von 25, 35, 50, 75, 110, 145, 320, 500—700 . . .	50	—
	Dasselbe Microscop, mit einem weiteren System 2.		

Thl. Sgr.

Vergrösserungen von 25, 35, 50, 75, 110, 145, 150, 220, 300. 320. 500—700 . . . . 60 —

3b. Kleines Microscop. Neues Modell. Grobe Einstellung durch Tubusverschiebung und feine desgl. durch Micrometerschraube. — Spiegel für schiefe Beleuchtung. Tisch viereckig, Fuss viereckig. — Ocular I., II. u. III. System 0., 1. u. 3. Vergrösserungen von 25, 35, 50, 75, 110, 145, 320, 500—700 . . . . 50 —

Dasselbe Microscop mit Bewegung um die optische Axe . . . . 55 —

4a. Kleinstes Microscop. Grobe Einstellung durch Tubusverschiebung und feine desgl. durch Micrometerschraube am Tisch (nach Mohl). — Spiegel für schiefe Beleuchtung. — Ocular I. u. II. System 0., 1. u. 3. Vergrösserungen von 25, 35, 60, 100, 300—500 . . 35 —

Dasselbe Microscop mit einem weiteren System 2. Vergrösserungen von 25, 35, 60, 100, 140, 220, 300—500 45 —

4b. Kleinstes Microscop. Grobe Einstellung durch Tubusverschiebung und feine desgl. durch Micrometerschraube am Tisch (nach Mohl). — Spiegel für auffallendes Licht. — Ocular I. u. II. System 1. u. 3. Vergrösserungen von 60, 100, 300—500 . . . . . . 25 —

4c. Microscop zur Untersuchung des Fleisches nach Trichinen. — 2 Oculare und 1 System. Vergrösserungen von 40—90 . . . . 18 —

Siehe Leuckart's Schrift zweite Auflage Untersuchungen über Trichina spiralis 1866. Seite 109.

5. Microscop. Bestimmt zur phothographischen Aufnahme microscopischer Objecte, nach Gerlach. System 3 und Ocular I., II. u. III. . . . . 40 —

Dasselbe Microscop ohne Beigabe der optischen Theile . . . . 20 —

Die Microscope 1—3 können auf Verlangen zum Umlegen, ebenso mit Hufeisenfuss eingerichtet werden.

Die Vergrösserungen obiger Microscope betragen auf 8 Zoll Sehweite bezogen, in Mittelzahlen:

	Ocular 0.	Ocular I.	Ocular II.	Ocular III.	Ocular IV orthosc.	Focal-Abstand.
System 0.	20	25	35	50	80	3,0 Mm.
System 1.	60	75	110	145	185	5,5 „
System 2.	120	145	220	300	350	1,8 „
System 2a.	200	220	350	500	550	1,45 „
System 3.	250	320	500	700	750	1,06 „
System 4.	450	650	1200	1500	1580	0,8 „
System 5.	500	700	1400	1800	1890	0,4 „

Objectiv-Systeme.

		Thl.	Sgr.
6.	System 0. mit einer achromatischen Linse	3	—
7.	System 0. mit zwei achromat. Linsen	6	—
8.	System 1. mit zwei achromat. Linsen	9	—
9.	System 1. mit drei achromat. Linsen	9	—
10.	System 2.	10	—
11.	System 2a. } neueste Construction	11	—
12.	System 3. } neueste Construction	12	—
13.	System 4. } neueste Construction	15	—
14.	System 5. } neueste Construction	20	—

Immersionssysteme.

15.	System 1. Focus $^1/_8$"	20	—
16.	System 2. Focus $^1/_{12}$"	25	—
17.	System 3. Focus $^1/_{16}$"	30	—

Oculare.

18.	Orthoscopische Oculare I., II., III. u. IV.	6	—
19.	Aplanatische Oculare I., II., III. u. IV.	7	—
20.	Gewöhnliche Oculare 0., I., II. u. III.	3	—

Loupen.

21.	Stativloupe zum Präpariren. Grobe Einstellung durch Schiebung, feine desgl. durch Micrometerschraube, Doublett, I., II. u. III. Vergrösserungen 10, 20 und 30. . . . . Vocalabstand bei Doublett I. 17 Mm., bei II. 10 Mm., bei III. 5,5 Mm.	18	—
22.	Stativloupe zum Präpariren. Einstellung durch Schiebung mit einem Doublett. 25 mal. Vergrösserung Vocalabstand 6 Mm.	5	20
23.	Doppelte Handloupe, achromatisch. 10mal. Vergrösserung mit grossem Sehfelde	4	—
24.	Doppelte Handloupe, achromatisch. 12mal. Vergrösserung mit Etuis und Griff	3	15
25.	Einfache Handloupe, achromatisch. 6 mal. Vergrösserung mit Etui und Griff	2	15
26.	Loupe nach Brücke je nach Grösse von 5—10 Thlr.		
27.	Haidinger'sche dichroscopische Loupe	4	—

Nebenapparate.

28.	Polarisationsapparat nach Angabe von H. v. Mohl je nach Grösse der Nicol'schen Prismen in Etui .	10-15	—
29.	Polarisationsapparat, Analiseur mit Turmalinplatte je nach Grösse des Nicol's und der Platte . .	6-10	—
30.	Heizbarer Objecttisch, nach Angabe von Max Schultze	10	—
31.	Ocularglasmicrometer, mit Fassung zum Einlegen, ganze Länge der Theilung $2^1/_2$ Mm., 1 Mm. in 10 Theile	2	—
32.	Ocularglasmicrometer, 1 Mm. in 20 Theile . .	2	15

		Rt.	Sgr
33.	Micrometerocular, orthoscopisch. Der Micrometer fest in der Blende gefasst	7	15
34.	Objectivmicrometer, $1/2$ Mm. in 50 Theile	4	—
35.	Zeichenprisma, nach Gerling in Etui	4	—
36.	Zeichenprisma, nach Nobert in Etui	4	15
37.	Dasselbe, Prisma zum Verstellen	5	—
38.	Beleuchtungslinse, auf Stativ mit Kugelbewegung 2″ Durchmesser	10	—
39.	Beleuchtungslinse, auf Stativ mit Kugelbewegung 1,5″ Durchmesser	7	—
40.	Beleuchtungslinse, auf Stativ mit Kugelbewegung 1″ Durchmesser	5	—
41.	Einrichtung für Cylinderblenden, mit Schlitten, zum Abschieben unter den Tisch	6	—
42.	Einrichtung zum Horizontalsehen, bestehend aus einem rechtwinkeligen Prisma mit Knie, auf den Tubus aufzustecken	10	—
43.	Compressorium	6	—
44.	Objectträger mit concavem Ausschliff, per Dtzd.	2	10
45.	Objectträger, gewöhnliche, per Dtzd.	—	10
46.	Objectträger, gewöhnliche, mit geschliffenen Kanten, per Dutzend	—	15
47.	Deckgläschen, in gewöhnlicher Grösse, nach der Dicke sortirt und auf beiden Flächen polirt von $1/5$—$1/20$‴ Dicke, per Dtzd.	—	10
48.	Deckgläschen in gemischter Dicke und Grösse	—	5

Jedes Microscop ist in einem polirten verschliessbaren Etui sorgfältig verwahrt.

1 Thlr. = 30 Sgr. 1 Thlr. = 3 Franc 75 Centimes.

Wetzlar im März 1866.

Druck von Carl Georgi in Bonn.

Ueber das Faltenblatt an den Embryonen der Gattung Chironomus[1]).

Von

Dr. C. Kupffer.

Hierzu Taf. XX.

Im Sommer des Jahres 1865 untersuchte ich die Entwicklung an den Eiern mehrerer Arten von Chironomus, welches Thier Aug. Weismann zur Grundlage seiner bedeutenden Arbeit »über die Entwicklung der Dipteren im Ei« gedient hat. Unter den verschiedenen Arten, die ein Teich im botanischen Garten zu Dorpat darbot, befand sich eine, die zur Beobachtung der frühesten Vorgänge besonders geeignet war. Die Eier dieser Art waren in einem Strange von durchsichtiger Gallerte schräg zur Axe des Stranges in einfacher Reihe gelagert. Der Strang, der von dem Thiere auf verschiedene an der Oberfläche schwimmende Gegenstände deponirt wurde, mit Vorliebe auf die Blätter von Wasserpflanzen, bildet in mehreren aneinander liegenden Windungen ein flaches Häufchen, das durch seine hell citronengelbe Farbe leicht bemerklich wird. Die Eier sind kürzer und breiter als die der meisten andern Arten; eine convexe und gerade Eiseite, ein stumpfer und spitzer Eipol lassen sich deutlich unterscheiden. Der erstere ist der Kopf-

1) Der vorstehende Aufsatz ist der Dissertation des Verfassers »de embryogenesi apud Chironomos observationes« entnommen, die derselbe zur Erlangung der venia legendi der medicinischen Fakultät zu Kiel am 15. April 1866 eingereicht hat.

pol. — Das weibliche Insect, von dem die Eier herrührten, fand ich zu verschiedenen Malen neben den frischgelegten Eiern, dagegen konnte ich die zugehörigen Männchen nicht mit Bestimmtheit ermitteln und muss es unentschieden lassen, ob es Chiron. minutus war, dem es den Charakteren nach am nächsten stand.

Weismann hat in der Bildung des Faltenblattes an den befruchteten Eiern der Dipteren einen Vorgang entdeckt, der ohne Zweifel von fundamentaler Bedeutung in dem Entwicklungsprocess der Insecten überhaupt ist. Je mehr ich hiervon überzeugt bin und je vollständiger ich den Ausführungen des hochverdienten Forschers gegenüber der Auffassung Zaddach's beizutreten genöthigt bin, um so weniger glaube ich innerhalb der Spalten einer lateinischen Dissertation eine Beobachtung begraben zu sollen, die mich zu einer abweichenden Anschauung dieses Vorganges und seiner nächsten Folgen führt.

Als ich die oben citirte Dissertation schrieb, erhielt ich die vorläufige Mittheilung von El. Mecznikow[1]) »Untersuchungen über die Embryologie der Hemipteren«. In derselben ist ein Ausspruch des Autors von besonderer Wichtigkeit für mich. Er sagt über die Entwicklung der Corixa: »Etwas später kommt dieser abgesonderte Theil des Blastoderms zur Bildung einer selbstständigen, den ganzen Embryo umgebenden Membran, die man vielleicht als Amnion insectorum bezeichnen könnte; es geschieht also bei Corixa (ebenso wie bei andern Insecten mit »regmagenem Keimstreif« etc.), kein Riss des Blastoderms«.

Damit erwähnt er zweier Verhältnisse, die das Hauptresultat auch meiner Arbeit darstellen. Auch ich weise nach, dass sich eine geschlossene den ganzen Embryo umgebende Membran bildet und dass die Keimhaut nicht reisst. Jedenfalls gebührt Herrn Mecznikow das Verdienst der Priorität und ich muss mich damit begnügen, mit meinem Funde für die Ordnung der Dipteren nachzuhinken.

Die Einzelnheiten seiner Mittheilung betreffend, namentlich was er über die Bildung des Faltenblattes sagt, so scheinen sehr bedeutende Unterschiede zwischen den Hemipteren und Dipteren obzuwalten. Ich sehe bei Chironomus die Entstehung der den Embryo umhüllenden Membran in genauestem Zusammenhange mit der Bildung des von Weismann sogenannten Faltenblattes vor sich gehn, wäh-

1) Zeitschrift f. wissenschaftl. Zoologie. Bd. XVI. 1. Heft. 1866. pag. 128.

rend Mecznikow bei Corixa das Faltenblatt viel später auftreten und in durchaus anderer Weise sich hervorbilden sah. Eine Vergleichung wird sich erst nach der in Aussicht gestellten vollständigen Publikation der Arbeiten dieses Autors ausführen lassen.

Ich sende in gedrängter Kürze die von Weismann gelieferte Darstellung der ersten Entwicklungsvorgänge an dem Ei von Chironomus voraus, um den Leser in den Stand zu setzen, Uebereinstimmung und Abweichung zwischen unser Beider Beobachtungen und Auffassungen direct verfolgen zu können.

Weismann's Schilderung ist folgende[1]):

Der Dotter zieht sich von der Eihaut zurück und bekleidet sich mit einem flüssigen Blastem. In diesem treten am spitzen, hintern Pol zuerst vier Zellen auf, die Polzellen, die sich durch Theilung vermehren.

Dann erscheinen in dem Blastem rings um den Dotter helle Flecke in gleichmässigen Abständen von einander. Um jeden dieser Flecke zieht sich das umliegende Blastem kuglig zusammen. So entstehn die ersten Zellen, indem der Fleck zum Kern, die Kugel um denselben Protoplasma der Zelle wird. Diese Zellen theilen sich, die neugebildeten legen sich dicht aneinander, werden prismatisch und setzen in einfacher Schicht die Keimhaut zusammen.

Später theilen sich die prismatischen Zellen der Keimhaut wieder, es entstehn aus ihnen kuglige. Durch diese Vermehrung wächst die Keimhaut an Dicke auf Kosten des Dotters.

Nun beginnen die Vorgänge, die die Bildung des Keimstreifens aus der Keimhaut einleiten:

Es verdickt sich nehmlich der hintere an der geraden Eiseite gelegene Theil der Keimhaut stark nach innen, bildet so den Schwanzwulst, der in der Richtung von hinten nach vorne wächst.

Bevor der Schwanzwulst das hintere Drittel der Eilänge erreicht hat, erhebt sich auf der Oberfläche seines vordern Endes eine nach hinten gerichtete Falte der Keimhaut, die Schwanzfalte. Diese Falte wächst nun zwischen Eihaut und Schwanzwulst nach hinten

1) Die Entwicklung der Dipteren im Ei. Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Insecten. Leipzig 1864. pag. 5 seqq. auch in Zeitschrift f. wissenschaftl. Zoolog. Bd. XIII.

und lagert sich als oberflächliches Blatt über den Wulst hin, das gleichzeitig gegen den hintern Eipol und an den Seiten des Eies hinab vorschreitet.

Der Theil der Keimhaut an der geraden Eiseite, der vor der Basis der Falte gelegen ist, verdünnt sich in dem Maasse, als die Falte nach hinten wächst. Endlich erfolgt dort ein Riss und es wird so an der geraden Eiseite der hintere Theil der Keimhaut — Schwanzwulst — von dem vordern Theil — Kopfkappe — getrennt. Die bisher allseits geschlossene Keimhaut wird dadurch zum Keimstreifen, der nur einen Theil des Dotters bekleidet.

Gleichzeitig mit dem Riss dreht sich der Eiinhalt innerhalb der Eihaut um 180°, so dass, was an der geraden Eiseite lag, an die convexe rückt.

Jetzt schlägt sich der durch den Riss entstandene freie Rand der Kopfkappe nach vorn um und wächst als Kopffalte, ein oberflächliches Blatt bildend, über den Keimstreifen am vordern Eipol hinweg zur Bauchseite, der Schwanzfalte entgegen. Beide Falten verschmelzen aneinander stossend mit ihren freien Rändern und bilden so ein zusammenhängendes Blatt.

Später wies Weismann[1]) bei einer Phryganide nach, dass auch dort das oberflächliche Blatt aus einer über den Keimstreif sich hinüberschlagenden Falte entsteht. — Es kann also von einer Spaltung im Sinne der Blätter am Keim der Wirbelthiere nicht die Rede sein.

Ich beginne mit der Wiedergabe meiner Beobachtungen von dem Momente der vollständigen Ausbildung der Keimhaut. Bis dahin habe ich die Darstellung Weismann's durchaus zu bestätigen. Anlangend den einen Punkt, die Bildung der Polzellen bei Chironomus, so bin ich nicht weiter gekommen als er. Zwar habe ich Eier unter dem Mikroskope gehabt, an denen noch nicht alle vier Polzellen gebildet waren, an einigen Eiern traf ich erst eine an, während eine bis zwei andere zu einem Theil aus dem Dotter in den Polraum hineinragten und allmälich freier hervortraten. Diese Wahrnehmung genügt mir aber nicht, um darauf einen Zweifel an dem Hergange der Bildung zu begründen, wie Weismann ihn bei Musca vomitoria[2]) beschreibt, wonach auch diese Zellen in derselben

1) Reichert's und du Bois' Archiv 1864. pag. 265.

2) Die Entwicklung der Dipteren etc. pag. 48

»freien« Weise entstehn, als es oben von den übrigen Zellen der Keimhaut erwähnt ist. Die bei Weitem grösste Mehrzahl der Eier aus denselben Strängen zeigte vier Polzellen.

Die Theilung derselben, das Auftreten der Kerne in dem Blastem rings um den Dotter, das Anschiessen des Blastems in kugligen Portionen um die Kerne zur Bildung der primären Keimhautzellen habe ich ganz nach seiner Beschreibung gefunden, ebenso die Zusammensetzung der Keimhaut aus einer einfachen Lage cylindrischer Zellen, die, nachdem sie einige Zeit in diesem Zustande verharrt haben, durch Theilung sich vermehren, wobei die Keimhaut an Dicke beträchtlich zunimmt. Die aus dieser Theilung hervorgehenden Zellen sind rundlich, fügen sich in mehrfacher Lage übereinander und sind, nachdem der Process beendet ist, nicht mehr so deutlich begrenzt, dass sie einzeln deutlich wahrzunehmen wären.

Meine Differenz mit Weismann's Schilderung beginnt erst bei der Bildung des Faltenblattes.

Ich will voraussenden, durch welchen Umstand ich zunächst auf eine abweichende Auffassung dieses Vorganges geführt worden bin.

An zwei Zeitpunkten der Entwicklung der Eier von Chironomus zieht sich der Eiinhalt an den beiden Polen, vornehmlich aber am spitzen Pol, so beträchtlich von der Eihaut zurück, dass freie Räume daselbst entstehn, die Polräume. Zuerst geschieht es vor der Bildung der Keimhaut, wobei der Dotter allein zurücktritt; hat die Bildung der Keimhaut begonnen, so sind die Polräume verschwunden.

Das zweite Mal ereignet sich dasselbe nach der vollständigen Ausbildung der Keimhaut, kurz vor der Entstehung des Faltenblattes.

Bei beiden Gelegenheiten vermag man an den Polen die Eihäute frei zu übersehn und bemerkt dabei keine Spur von Kernen an denselben.

Einige Zeit darauf indessen bemerkt man deutlich, dass am spitzen Pol eine kernhaltige Haut der Innenfläche der Eihaut anliegt. Am stumpfen Pol fehlt dieselbe noch. Erst nach einigen Stunden tritt sie auch dort auf. Die Kerne ragen anfänglich deutlich über die Haut hervor zum Polraum hin, bei fortschreitender Entwicklung rücken sie mehr auseinander und werden flacher, bleiben indessen bis zuletzt wahrnehmbar.

Weismann[1]) sagt von der Dotterhaut, sie sei sehr fein und

1) l. c. pag. 4.

in den ersten Entwicklungsstadien schwer nachzuweisen; später, wenn der Eiinhalt die Hülle nicht mehr ganz ausfülle, sei sie sehr leicht zu erkennen und zeige dann fast constant eigenthümliche wellenförmige Biegungen, welche in Verbindung mit dem starken Lichtglanz fast den Eindruck von Kernen machten. — Er hat also die Kerne gesehn, deutet sie aber anders. Er übersieht aber bei seiner Deutung, dass die Erscheinung der Kerne bedeutend früher am spitzen, als am stumpfen Pol sich zeigt. Das ist ein Umstand, der, auch wenn andere Gründe nicht dagegen sprächen, die Deutung nicht zulässt, dass man es hier mit einer spät auftretenden wellenförmigen Runzelung der Dotterhaut zu thun habe.

Ich habe am frischgelegten Eie von der Innenfläche des Chorion mit der Nadel nur ganz unbedeutende Fetzen ablösen können, die ich kaum auf eine selbstständige Membran zu beziehen wagte, so dass ich von dem gelungenen Nachweise einer Dotterhaut nicht sprechen kann. Die kernhaltige Haut dagegen lässt sich 6—8 Stunden nach ihrem ersten Erscheinen von der ganzen Innenfläche des Chorion mit Leichtigkeit isoliren und die Flächenansicht, auch ohne Anwendung von Färbemitteln, nimmt jeden Zweifel über die Anwesenheit von Kernen in derselben.

Es ist diese Haut eine neu hinzukommende und ihr Auftreten hängt mit der Bildung des Faltenblattes zusammen.

Ich gehe daher auf die Beschreibung dieses letztern über. Die Vorbereitung zur Bildung des Faltenblattes, nämlich die Entstehung des Schwanzwulstes, das Erscheinen einer medianen Rinne auf demselben und die Erhebung einer nach rückwärts gerichteten Falte auf seinem vordern Ende, sah ich, wie Weismann es schildert. Ich bemerkte aber oft, dass an den durch die mediane Rinne getheilten Hälften des Wulstes die Bildung der Falte nicht gleichzeitig erfolgte; die eine Hälfte zeigte bereits die Falte nach hinten übergebeugt, während die andere eben erst einknickte. Es entstehn also zwei ursprünglich getrennte Falten, die aber gleich darauf median über der Rinne verwachsen müssen.

Die Falte, die an dem vordern Ende des Schwanzwulstes entsteht und quer demselben aufsitzt, wächst also nach hinten, zwischen den hinter ihr gelegenen Theil der Keimhaut und die Eihaut sich durchdrängend, zugleich aber auch seitlich über die Keimhaut sich hinlagernd, in dem Maasse, dass, wenn der Scheitel der Falte den

hintern Pol erreicht, ihr seitlicher Rand die seitliche Mittellinie des Eies einnimmt.

Indem der Scheitel der Falte bei diesem Fortwachsen in den freien hintern Polraum gelangt, weichen die beiden Blätter, aus denen die Falte besteht, auseinander. Das innere Blatt bleibt in Berührung mit der Oberfläche der Keimhaut, während das äussere Blatt sich an die Eihaut anzulegen strebt (s. Fig. II. u. VII).

Bei diesem Auseinanderweichen der Blätter sieht man deutlich, dass ein jedes aus einer einfachen Lage platter Zellen besteht, an denen die Kerne aber höckerig nach beiden Seiten hervorragen.

So lange der Scheitel der Falte sich innerhalb des Polraumes befindet, erreicht das äussere Blatt derselben die Eihaut noch nicht, das erfolgt erst, nachdem der Scheitel an der geraden Eiseite sich zwischen Keimhaut und Eihaut hineingedrängt hat und nachdem die von Weismann erkannte erste Umdrehung des Embryo im Ei erfolgt ist, wobei, was an der geraden Eiseite lag, an die konvexe gerückt ist. Durch diese Umdrehung wird im Uebrigen nichts in dem Verhältniss der Blätter der Falte geändert.

Von diesem Zeitpunkte an sieht man im hintern Polraum eine kernhaltige Haut der Eihaut dicht anliegen. Das ist also, wie aus dem Vorherigen folgt, das äussere Blatt der Schwanzfalte.

Nachdem die Umdrehung des Embryo erfolgt ist und der Scheitel der Schwanzfalte den hintern Polraum verlassen hat, erhebt sich vor der Stelle der Keimhaut, von welcher jene ausgegangen war, die Kopffalte (Fig. III). Ich stimme also mit Weismann ganz überein in dem Zeitpunkte des Erscheinens der letztern.

Die Kopffalte ist ebenso eine Duplikatur der Keimhaut, wie die Schwanzfalte war, besteht also, wie jene, aus zwei Blättern. Das äussere Blatt derselben hängt kontinuirlich mit dem äussern Blatt der Schwanzfalte zusammen und indem nun die Kopffalte nach vorn wächst, wird dieses Blatt gedehnt, hebt sich von dem Dotter ab und legt sich enge an die Eihaut an.

Erreicht der Scheitel der Kopffalte den vordern Polraum, so erfolgt dasselbe, was am hintern Ende beobachtet wurde: das äussere Blatt der Falte trennt sich von dem innern und legt sich an die Eihaut an, so dass nunmehr auch im vordern Polraum die Innenfläche der Eihaut von einer kernhaltigen Membran bekleidet ist.

Ein Unterschied ergiebt sich bei diesem Fortwachsen zwischen der vordern und hintern Falte. Es wird nehmlich zur Bildung der erstern der Theil der Keimhaut, den Weismann Kopfkappe nennt, verbraucht, sie wird vom Dotter abgezogen und der Dotter so bis fast zum vordern Pol von der Kappe entblösst, dass er mithin von der Stelle an, wo die Falten entstanden, bis in die Nähe des vordern Pols nur von dem äussern Blatt der Falten bekleidet ist (Fig. IV u. VIII).

Es ist schwer in diesem Stadium ausserhalb der Polräume an der konvexen Eiseite den Zusammenhang der äussern Blätter beider Falten kontinuirlich zu verfolgen. Indessen gelingt es doch, so weit nicht die Dotterkörnchen die Kerne der Membran, an denen sie kenntlich ist, verdecken.

So wachsen nun beide Falten gegeneinander, die Kopffalte gegenwärtig viel rascher, als die Schwanzfalte, stossen ungefähr in der Mitte des Eies aneinander und verschmelzen da mit ihren Rändern.

Da bis zu dieser Verschmelzung die Blätter beider Falten durchaus getrennt waren, so gehen aus der Verschmelzung zwei getrennte Membranen hervor. Die eine, aus der Vereinigung der äussern Blätter entstehend, bildet eine der Eihaut anliegende geschlossene Kapsel, ich nenne sie: Embryonalhülle. Die andere entsteht aus der Verwachsung der innern Blätter beider Falten; sie mag die von Weismann angenommene Bezeichnung »Faltenblatt« behalten. Diese hat eine geringere Ausdehnung als die Embryonalhülle, fehlt so weit der Dotter durch das Hinabziehen der Kopfkappe freigelegt ist und hängt mit den Rändern des aus der frühern Keimhaut entstandenen Keimstreifens zusammen. Sie bildet also die äussere Lage des Keimstreifens und nimmt an den weitern Entwicklungsvorgängen Theil, während die Embryonalhülle von nun an unverändert bleibt, nur an Deutlichkeit der Kerne einbüsst.

Es geht also aus dieser Darstellung hervor: erstens,

dass die Keimhaut nicht reisst.

Dieser Vorgang wurde von den bisherigen Beobachtern für einige Familien der Insecten behauptet, für andere geleugnet.

Kölliker[1]) wollte es beobachtet haben bei Chironomus, Simulia

1) De prima insectorum genesi. Turici 1842.

und Donacia, Zaddach[1]) bei Mystacides, Weismann[2]) bei Chironomus und den Phryganeen, dagegen leugnet Leuckart[3]) den Vorgang bei Melophagus und Weismann hat bei Musca vomitoria ebenfalls nichts davon wahrgenommen. Dieser Forscher sucht die Differenzen in den Beobachtungen dadurch zu schlichten, dass er eine doppelte Weise der Bildung des Keimstreifens aus der Keimhaut bei den Insecten aufstellt. Bei einigen derselben werde die Bildung des Keimstreifens durch das Reissen der Keimhaut eingeleitet, bei den andern entstehe der Keimstreif nur durch partielle Zusammenziehung und Verdickung der Keimhaut. Den auf dem Wege des Reissens gebildeten Keimstreifen bezeichnet er als einen regmagenen, den auf die andere Art entstehenden als aregmagenen[4]). Mich interessirt hier am meisten seine Angabe über diesen angeblichen Vorgang bei Chironomus, als demselben Object, das mir vorlag. Untersuchen wir, worauf er seine Angabe stützt.

Er gesteht ein[5]), das Entzweireissen nicht gesehn zu haben, dagegen nimmt er einen von scharfen Rändern begrenzten Spalt wahr, wo derselbe vorher nicht bemerkt werden konnte. Bei der Seitenansicht des Eies beginnt der Spalt da, wo die Schwanzfalte entstand und erstreckt sich sichelförmig an der Seite des Eies hinab, nach vorn von einer konvexen, nach hinten von einer konkaven Linie begrenzt (man vergleiche die Figg. auf Taf. I u. II der »Entwicklung der Dipteren«). Der Spalt nimmt allmälich an Länge und Breite zu, so dass also das Reissen allmälich vorschreiten müsste, und trennt an der flachen Eiseite den hintern Theil der Keimhaut — Schwanzwulst — von dem vordern — Kopfkappe.

Für mich, der ich in dem Obigen nachgewiesen habe, dass eine Continuitätstrennung nicht erfolgt, kommt es darauf an, darzuthun, wie bei dem von mir geschilderten Vorgange das Bild eines Spalts entstehn könne. Das ist leicht erklärt:

Man muss festhalten, dass die beiden Blätter der Schwanzfalte

---

1) Untersuchungen über die Entwicklung u. d. Bau der Gliederthiere. Berlin 1854. pag. 4.

2) l. c. pag. 10.

3) Die Fortpflanzung und Entwicklung der Pupiparen, Halle 1858.

4) l. c. pag. 95.

5) l. c. pag. 10.

nicht miteinander verwachsen. Wenn sie nun an der Stelle, wo sie von der Keimhaut abgehn, ursprünglich dicht aneinander liegen, so ändert sich das mit dem Wachsthum der Falte. Je länger sie wird, desto mehr von der Keimhaut wird zur Bildung der beiden Blätter verbraucht. Das innere Blatt rollt die hintere Hälfte der Keimhaut, den Schwanzwulst ein wenig vom Dotter ab — allerdings lange nicht in dem Maasse, als es später mit der Kopfkappe geschieht —, das äussere Blatt dehnt sich auf Kosten der vordern Hälfte. So rücken die beiden Linien, in denen die Blätter der Falte mit der Keimhaut zusammenhängen, an der Oberfläche des Dotters auseinander. Der Dotter wird also zwischen diesen beiden Linien im Vergleich zum übrigen Theil entblösst. Während der übrige Theil des Dotters noch von der dicken Keimhaut bekleidet ist, geht über diesen Theil nur das dünne aus einer einfachen Lage platter Zellen bestehende äussere Blatt der Falte hinweg. Daher erscheint dieser Theil desselben sowohl bei der Seitenansicht des Eies, als auch beim Blick von oben vergleichsweise nackt, die Dotterelemente werden hier um so deutlicher gesehn werden, je dünner bei fortschreitender Ausdehnung der Falte das äussere Blatt wird. Es ist ja auch thatsächlich ein Spalt vorhanden, nur befindet sich derselbe in der zweiten Lage und ist gegen den Eiraum hin geschlossen. — Dieser »Spalt« der Keimhaut ist natürlich von scharfen Rändern begrenzt, wie Weismann zum Beweise seiner Existenz hervorhebt, denn seine Grenzen sind eben die Linien, in denen die Blätter der Falte mit der dickern Keimhaut zusammenhängen. Je weiter nun die Faltenbildung an den Seiten des Eies hinabschreitet, desto weiter rückt dieser Spalt, der ja in der Basis der Falte sich befindet, in derselben Richtung vor.

Dass es sich so verhält, sieht man deutlich bei dem Auftreten der Kopffalte. Diese wird nur auf Kosten der Kopfkappe gebildet, indem das innere Blatt der Falte die Kappe von dem Dotter abrollt; so rücken die Stellen, an denen sich hinten der Schwanzwulst in das innere Blatt der Schwanzfalte, vorn die Kopfkappe in das innere Blatt der Kopffalte umschlägt, auseinander, ein um so grösseres Stück des Dotters bleibt jetzt nur von dem äusseren Blatt bekleidet und um so breiter erscheint in dieser Gegend gegenwärtig der Spalt. — Ich glaube damit zur Genüge das Phänomen erklärt zu haben, wodurch Weismann bestimmt wurde, eine thatsächlich erfolgende Ruptur der Keimhaut anzunehmen.

Zweitens folgt aus meiner Darstellung,

dass die Drehung des Eiinhaltes um die Längsaxe nicht von einem Reissen der Keimhaut abhängt.

Weismann, dem ich in dem Vorgange der Drehung um 180° ganz beistimme, leitet dieselbe von einer Störung des Gleichgewichts der einzelnen Theile des Embryo her, die durch die Ruptur veranlasst würde[1]).

Ich muss also eine andere Ursache des Phänomens suchen.

An der von mir beobachteten Art erfolgte die Drehung in der Regel bald nachdem die Schwanzfalte den hintern Eipol umwachsen hatte. Nach Weismann's Zeichnungen zu urtheilen, muss er den Vorgang etwas früher beobachtet haben. In der Beschreibung sagt er, die Umdrehung und der Riss durch die Keimhaut erfolgte gleichzeitig. Kurz vorher heisst es: wenn der Rand der Schwanzfalte dem hintern Eipol schon ganz nahe sei, habe die Verdünnung der Keimhaut den höchsten Grad erreicht. Gleich darauf erfolge das Reissen.

Mag nun die Umdrehung etwas früher oder später erfolgen, jedenfalls, denke ich, hängt dieselbe von dem Zuge ab, den die Schwanzfalte, indem sie den hintern Eipol zu umwachsen strebt, auf den Theil des Eiinhaltes ausübt, der bisher der geraden Eiseite anlag.

Dieser Zug muss dahin wirken, dass er jene Seite des Embryo zu krümmen sucht. Er hebt nehmlich die Mitte und drückt den hintern Pol hinab. Dadurch muss dem Eiinhalte der Anstoss gegeben werden, sich innerhalb der Eihüllen so zu lagern, dass die Seite, auf welche der Zug der Falte wirkt, dahin versetzt wird, wo die Eihaut die stärkste Convexität zeigt. Das wird durch die halbe Drehung bewerkstelligt.

Zaddach[2]) hat den Versuch gemacht, eine Uebereinstimmung im Verhalten des Keims der Arthropoden und Vertebraten darzuthun

1) l. c. pag. 10 u. 11.

2) Untersuchungen über die Entwicklung und den Bau der Gliederthiere Berlin 1854. pag. 7.

und stützt sich hierbei vorzüglich auf den Umstand, dass an dem Keime der Arthropoden (Phryganiden) durch Spaltung ein oberflächliches Blatt auftrete, aus dem die Haut des Insects sich bilde.

Weismann that nun dar, dass das oberflächliche Blatt durch Faltenbildung und Umwachsung des Keims entstehe und dass es in der spätern Entwicklung keineswegs das »Hautblatt« der Vertebraten repräsentire. Auf Grund dieser Erkenntniss wies er die Parallele in den fundamentalen Entwicklungsvorgängen zwischen Arthropoden und Vertebraten mit Entschiedenheit zurück.

Ich stimme ihm hierin vollkommen bei und die Abweichung in meiner Darstellung der Entstehung des Faltenblattes nimmt seinen Argumenten nichts von ihrer Schärfe.

Es wäre aber denkbar, dass man jetzt eine Analogie in einem andern Punkte fände, dass man nämlich die Bildung des Faltenblattes, wie ich sie schilderte, mit der Bildung des Amnios vergliche. Auch Mecznikow denkt daran, denn er sagt[1]): »etwas später kommt dieser abgesonderte Theil des Blastoderms zur Bildung einer selbstständigen, den ganzen Embryo umgebenden Membran, die man vielleicht als Amnios Insectorum bezeichnen könnte«.

Indessen wird sich bei genauerer Betrachtung ergeben, dass diese Aehnlichkeit doch nur eine oberflächliche ist. — Denn versucht man die Analogie zwischen beiden Vorgängen durchzuführen, so muss das äussere Blatt beider Falten bei Chironomus mit der serösen Hülle der Wirbelthiere, das innere Blatt mit dem Amnios verglichen werden. Liesse sich hiernach auch die Embryonalhülle, die aus der Vereinigung der äussern Blätter entsteht, als »seröse Hülle« der Insecten hinstellen, so hält der Vergleich des Faltenblattes mit dem Amnios nicht Stich. Zwar ein »Nabel« liesse sich finden, wenn er auch an der Rückenseite läge, es wäre die Stelle, wo durch das Abziehn der Kopfkappe bei Bildung der Kopffalte der Dotter frei gelegt wird, aber damit hätte denn auch die Analogie ein Ende. Denn während das Amnios nur die Bestimmung einer Hülle für den Embryo hat, und die Amnioshöhle zwischen beiden entsteht, gehört das Faltenblatt wesentlich zum Keim, legt sich dicht an denselben und nimmt an seinen weitern Entwicklungsvorgängen Theil, wie Weismann erwiesen hat und ich bestätigen muss. Die Scheitel-

1) a. a. O. pag. 128.

platten und die Antennen bilden sich aus demselben. Man kann daher nicht entfernt daran denken in beiden Theilen homologe Bildungen zu finden. — Ueberhaupt ist der Vorgang der Bildung des Faltenblattes bei den Dipteren ein viel wichtigerer, als der der Amniosbildung bei den höhern Wirbelthieren. Während der letztere darauf gerichtet ist, die seröse Hülle über dem schon vorhandenen Embryo zum Schluss zu bringen und gleichzeitig dem Embryo eine besondere Hülle zu verleihn, hat der Process der Faltenbildung bei den Dipteren das Ziel, aus der geschlossenen Keimhaut erst die Embryonalanlage den Keimstreifen zu bilden.

Erklärung der Abbildungen.

Die Figg. I—V sollen in schematischer Weise den Process der Entstehung des Faltenblattes und die Bildung der Embryonalhülle am idealen medianen Durchschnitt des Eies von Chironomus veranschaulichen.

Die schwarze Mitte bedeutet den Dotter, die graue Umgebung die Keimhaut mit den von ihr ausgehenden Bildungen, die äusserste schwarze Linie giebt die Eihaut an. Die Buchstaben bezeichnen in allen Figg. dasselbe.

a Schwanzwulst	m. Kopfkappe
b. Scheitel der Schwanzfalte	p. Faltenblatt
c. Scheitel der Kopffalte	q. Embryonalhülle
e. äuseres } Blatt der Schwanzfalte	v. hinterer } Polraum.
i. inneres } Blatt der Schwanzfalte	w. vorderer } Polraum.

Fig. I zeigt den Beginn der Bildung der Schwanzfalte an der geraden Eiseite.

In Fig. II ist die Schwanzfalte bis in den hintern Polraum gelangt, die beiden Blätter haben sich von einander gegeben.

In Fig. III ist die Drehung bereits erfolgt, der Scheitel der Schwanzfalte drängt sich an der geraden Eiseite zwischen Keimhaut und Eihaut ein; an der konvexen Seite entsteht die Kopffalte c.

Fig. IV zeigt die Kopffalte bereits über den vordern Eipol hinaus vorgerückt, die Kopfkappe vom vordern Theil des Dotters abgezogen.

In Fig. V sind Faltenblatt und Embryonalhülle durch Verschmelzung beider Falten in ihrer Bildung vollendet und von einander getrennt.

Die Figg. VI, VII, VIII sind nach der Natur gezeichnet, indem die Einstellung auf die Medianebene des Eies erfolgte, zeigen also ebenfalls den optischen Medianschnitt.

Fig. VI entspricht im Stadium der Entwicklung ungefähr der Fig. I. Man sieht den Schwanzwulst a an der Oberfläche durch eine Furche, s, median getheilt, eine ebenfalls getheilte Schwanzfalte b erhebt sich eben

Fig. VII entspricht ungefähr der Fig. III. Die Drehung ist erfolgt, aber die Bildung der Kopffalte hat noch nicht begonnen.

Fig. VIII entspricht Fig. V.

n. n. Kerne des Faltenblattes und der Embryonalhülle.

Ueber den Bau des Schneckenauges und über die Entwickelung der Augentheile in der Thierreihe.

Von

V. Hensen.

Hierzu Taf. XXI.

In einer Arbeit über das Auge der Cephalopoden[1]) habe ich bereits einige Beobachtungen über das Gastropodenauge mitgetheilt. Meine Befunde blieben jedoch sehr unbefriedigend, so dass ich dort das Urtheil darüber fällte »ich verhielt mich diesen Augen gegenüber, wie der Laie zu den ersten mikroskopischen Präparaten.« Dass hier eine so grosse Lücke blieb, war mir fortwährend peinlich; als dann später Babuchin[2]) mit vollkommneren Beobachtungen, aber einer Deutung, die meinen Anschauungen völlig widerstrebte, auftrat, entschloss ich mich den Gegenstand noch einmal aufzunehmen. Ich hatte das grosse Glück, dass mein Freund C. Semper mir mit fast zu grosser Liberalität die Augen seines einzigen Exemplars von Pteroceras preisgab, ausserdem erhielt ich noch von ihm die Augen von Strombus und Voluta. Mir selber standen die hier in Kiel vorkommenden Schnecken zu Gebot, jedoch verzichtete ich darauf, dieselben eingehender zu untersuchen, da ich Grund hatte die Arbeit nicht zu sehr auszudehnen und da eine cursorische Untersuchung nicht auf Bemerkenswerthes führte.

Vorzüglich wurden die Augen von Pteroceras untersucht. Dieselben waren in Spiritus erhärtet und im Ganzen wohl erhalten. Obgleich diese Erhärtungsmethode für manche Verhältnisse nicht

1) Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie Bd. XV.

2) Sitzungsberichte der Akademie in Wien, Juni 1865. Ueber den Bau der Netzhaut einiger Lungenschnecken.

günstig ist, gelang es doch eine sichere und einigermassen eingehende Kenntniss dieses Auges zu gewinnen. Seine Schilderung soll den Anfang machen, da auf dieser Basis sich am leichtesten eine Verständigung gewinnen lässt.

Quoy und Gaimard[1]) sind meines Wissens die einzigen, welche unser Object beschrieben haben, dieselben berichten, wie ich aus einem Citat[2]) ersehe, von einer mit schillernden Ringen versehenen Iris, von einer Linse und einem Glaskörper. Von den Ringen habe ich nichts beobachten können, da das Auge getrübt war.

Schilderung des Auges im Allgemeinen.

Der solide glatte obere Fühler von Pteroceras, von dem seitlich der kleine Tentakelfaden abgeht, zeigt an seiner Spitze eine 3 Mm. breite Anschwellung, aus der als schwärzliche Masse das Auge hervorschimmert. Der Fühler selbst besteht, wie der Durchschnitt Fig. 2 ergiebt, aus einer Grundsubstanz von fibrillärem Bindegewebe a, welche namentlich in seiner Mitte angehäuft ist, ferner aus Muskeln, Gefässen und Nerven. Die Muskeln sind sehr stark entwickelt, namentlich die longitudinal verlaufenden. Diese sind, im Querschnitt betrachtet, kreisförmig angeordnet, der innerste Kreis besteht aus dicken Muskelbündeln, b, dann folgt ein Kreis feinerer Bündel c, darauf eine Lage Kreismuskeln d, endlich zu äusserst wiederum eine Schicht von Längsmuskeln t. In der Mitte bleibt ein Feld von Muskulatur frei, in diesem liegen zwei grössere Gefässstämme f und drei grössere Nerven g, neben denen sich noch kleinere Stämmchen finden. Welcher von diesen der Optikus sei, vermag ich nicht zu sagen. Der ganze Stiel ist umgeben von einer Art Basalmembran, auf welcher pigmentfreie Cylinderzellen sitzen. Im Ganzen erinnert der Bau des Fühlers an den Augenstiel von Nautilus.

Trägt man nun einen Theil des Augenstiels ab, so ergiebt sich ein Bild wie es die Fig. 1 darstellt. Der Stiel enthält eine grosse kuglige Höhle, in welcher das kuglige Auge eingeschlossen ist. Nach vorne zu verdünnt sich die Wand des Stiels der Art, dass sie hier eine sehr durchsichtige Stelle bildet, welche man für gewöhnlich als Cornea bezeichnen würde. Da die Haut hier jedoch

1) Voyage de l'Astrolabe. Zoologie.

2) Keferstein, Bronn's Klassen des Thierreichs. Bd. III. p. 970. Tab. 83.

nicht ein Homologon der Cornea sein kann, ziehe ich vor sie hier und in ähnlichen Fällen als Cutis pellucida oder kurzweg als Pellucida zu bezeichnen. Im Auge liegt eine ziemlich mächtige Linse, welche der Innenfläche der Pellucida dicht anliegt, im Präparat aber von ihr zurückgezogen war. Durch die anhaftenden Reste der Augenwandungen ergab sich leicht die normale Lage. Hinter der Linse, aber auf ihre Vorderwand übergreifend, liegt ein Glaskörper, der mit der Linse vereint die Augenhöhle ganz ausgefüllt hat, aber im Präparat zusammengesunken ist. Der grössere hintere Theil der Höhle des Stils wird von der Retina und ihren Hüllen ausgekleidet; an ihr markiren sich für das blosse Auge der Dicke nach drei Abtheilungen, nämlich nach Innen eine hellere Substanz, die Stäbchen, dann eine Lage Pigment und nach Aussen eine mehr graue Schicht, die Retinazellen. Die Gränze der eigentlichen Retina ist bezeichnet durch das Aufhören der Stäbchenschicht; die beiden anderen Schichten, vor allem das Pigment, gehen noch weiter nach Vorne und bilden hier eine Zone a von 0,2 Mm. Breite, welche die Pellucida kreisförmig umgiebt und scharf begränzt. Wir dürfen diese Zone als Pars ciliaris retinae bezeichnen.

Die Retina.

Betrachten wir nun zunächst die Retina selbst genauer (Fig. 3). Ihre Dicke beträgt am Grunde des Auges 0,21, an der Peripherie, ehe die Stäbchen rasch abnehmen, 0,172 Mm.; die Dicke der Pars ciliaris dagegen 0,011 Mm. Wir können an der Retina mit einigem Recht vier Schichten unterscheiden, zu äusserst eine 0,005 Mm. dicke homogene Membran, die wir als Basalmembran (Fig. 3 a, Fig. 5. 13 c) der Retina unterscheiden wollen, darauf folgt eine Schicht feinkörniger fibrillärer Nervenmasse (3 b), welche im Grunde des Auges am massenhaftesten ist; aus dieser heraus treten in radiärer Richtung angeordnete, gestreckte kernhaltige Zellen (3c), welche in ihren Spitzen ziemlich in gleicher Höhe Pigment enthalten; diese Lage, in der also die Pigmentzone aufgeht, wollen wir als Lage der Retinazellen bezeichnen. Nach Innen von ihr folgt eine Schicht von heller in meinen Präparaten etwas körnig getrübter Masse, welche keine Spur von Zellen oder Kernen enthält, sondern aus dicht aneinandergelagerten Cylindern (3 d) besteht, deren jeder an seinem inneren Ende eine etwas stärker licht-

brechende Substanz, eine Art Kappe (3e) trägt. Da diese Schicht sich in allen Beziehungen verhält wie die Stäbchenschicht der Cephalopoden, wollen wir sie auch hier als Stäbchenschicht bezeichnen. Die ganze Retina ist noch umgeben von einer Hüllhaut (Fig. 13a).

Wir haben also an Schichten von Innen nach Aussen gerechnet

	Sepia.	Pteroceras.
Stratum epitheliale	homogene Membran.	fehlt.
	Stäbchenschicht.	1) Stäbchenschicht.
	Pigment u. Stäbchenkörner.	2) Zellenschicht mit der
		3) Nervenschicht.
Stratum conjunctivum	Grenzmembran.	4) Basalmembran.
	Zellenschicht.	5) Hüllhaut der Retina mit den Nervenstämmen.
	Balkennetz.	
	Nervenschicht.	
	Hüllhaut der Retina.	

Die nähere Betrachtung ergiebt, dass die Basalmembran eine kernlose homogene und brüchige Membran ist, welche sich mit Karmin stark imbibirt. Leider lassen sich nicht grössere Stücke von ihr isoliren, da die Nerven und Retinazellen zum Theil ziemlich fest ihr anhaften. Sie wird von kleinen Nervenstämmchen durchbohrt, aber ich kann nicht angeben, ob sich dabei erheblichere Lücken in ihr bilden oder nicht.

Die Nervenschicht besteht aus feinen durch etwas körnige Zwischensubstanz verklebten Fibrillen, welche zu kleinen undeutlich geschiedenen Bündeln vereint sind. Diese durchkreuzen sich häufig, aber alle verlaufen parallel der Oberfläche auf der Basalmembran.

Die Zellenschicht der Retina, deren Dicke 0,11—0,049 Mm. beträgt, besteht aus gestreckten kernhaltigen Elementen, welche, mindestens der Mehrzahl nach, von der Basalmembran bis an die Stäbchen hinreichen. Beim Zerzupfen findet man eine grosse Anzahl von Zellenformen, deren Hauptrepräsentanten ich Fig. 4 und 5 dargestellt habe. Diese Formen wiederholen sich in bestimmter Gruppirung. Ich war durch die Arbeit Babuchin's schon darauf aufmerksam gemacht, dass Vereinigungen verschiedener Zellenformen zu einer Gruppe in der Retina der Gastropoden sich finden, jedoch zeigte sich bei Besichtigung der Retina von Arion, dass die Formen, welche er beschrieben hat, namentlich seine Centralzelle, in der Retina der Pteroceras sich nicht finden, auch keinen der hier vorkommenden

Elemente vergleichbar sind, so dass ich diesen Namen nicht zu verwenden vermag. Es sind drei Arten von Zellen zu unterscheiden.

Die erste, die als »zugespitzte Zelle« bezeichnet werden mag, Fig. 4 und 5 A, ist dadurch charakterisirt, dass sie sich nach dem Stäbchen zu verjüngt und hier in ihrer Spitze gewöhnlich noch eine pigmentfreie Stelle hat, während der übrige Theil des äusseren Drittels der Zelle mit braunen Pigmentkörnchen angefüllt ist. Von der inneren Spitze der Zelle geht ein Faden nach der Stäbchenschicht hinein, Fig. 4 A, b. Doch erhält sich derselbe an isolirten Zellen nur selten. Uebrigens zeigt diese Zelle eine deutliche, doppeltconturirte Hülle, körnigen Inhalt und einen meist mit mehreren Kernkörperchen versehenen Kern, dem eine Reihe innen der Hülle ansitzender Körnchen den Anschein verleihen, eine sehr dicke Membran zu besitzen. Nach aussen endet die Zelle entweder zugespitzt oder häufiger, sie theilt sich hier in mehrere Fortsätze, Fig. 5 A. Von diesen Fortsätzen sind die einen dicker und steifer und enden mit einer Verdickung, welche der Basalmembran aufsitzt, während andere mehr seitlich abgehen und in feinere Fäden auslaufen, die grosse Aehnlichkeit mit Nervenfibrillen haben und in der That auch für solche zu halten sind. Fig. 5 A. d.

Eine zweite Art von Zellen ist als die breit endende Form zu bezeichnen. Fig. 4 B. F. Fig. 6 A. a. Die Form dieser Zellen ist wechselnder wie die der vorigen, im Ganzen ähnelt sie jenen, nur ist ein charakteristischer Unterschied, dass diese Zellen nach den Stäbchen zu stets breit abgestumpft enden. Von diesen Zellen habe ich nie mit Sicherheit Härchen abgehen sehen, dagegen bleibt die Substanz der Stäbchen vorzugsweise häufig an ihnen haften. Fig. 4 B. a. Es ist mir zwar niemals gelungen, eine dieser Zellen so zu isoliren, dass ein intactes Stäbchen daran sitzen blieb, und doch waren die Stäbchen für sich ziemlich leicht zu isoliren, dagegen kamen solche Zellen mit ansitzenden Bruchstücken von Stäbchen doch so häufig vor, dass man auf einen innigeren Zusammenhang der Stäbchensubstanz grade mit diesen schliessen muss.

Die dritte Art Zellen ist sehr charakteristisch gebaut. Es sind lange feine Fäden, welche an einer Stelle eine spindelförmige Anschwellung zeigen und erst in der Nähe der Stäbchen unter Pigmentaufnahme sich verbreitern. Fig, 4 C, D. E. Fig. 6 b. Bei näherer Betrachtung ergiebt sich, dass die spindelförmige Anschwellung ein sich stark roth imbibirender Kern ist, der, wie man an Fig. 4 E.

erkennen kann, von einer Erweiterung des Fadens umfasst wird. Dieser Kern liegt übrigens im Faden, der eine hohle Röhre darzustellen scheint, excentrisch. Die Lage dieses Kerns in der Längsrichtung des Fadens ist wechselnd, bald sehr weit nach innen, Fig. 5 B. b., bald in der Mitte der Zellenschicht der Retina bald nahe an der Basalmembran. An letzterer setzt sich der Faden mit einem fussförmig verbreiterten Abschnitt an, in einigen Fällen war dies Ende etwas zerfasert. Nach den Stäbchen zu geht aus dem pigmentirten Ende ein Härchen ab, Fig. 4 C., das sich sehr häufig beobachten lässt. Von dem äusseren Abschnitt der Zelle habe ich öfter einen Faden abgehen sehen, Fig. 4 C b. Fig. 6 B b., den ich für nervös halte.

Ausser diesen drei Formen kommen noch, wenn gleich seltener, sehr schmale mit kleinem Kern versehene Zellen vor, die Fig. 4 G und 5 A c gezeichnet sind, es scheint eine Abart der zuletzt beschriebenen Form zu sein.

Ueber den Zusammenhang der Zellenschicht mit den Nerven ist Folgendes zu sagen. Die Nerven gehen nie erheblich zwischen den Zellen hinauf, sondern ihr Ende liegt in der Regel in der Nervenschicht selbst. Ich habe nervenähnliche Fäden theils vom Körper der Zelle, theils von ihrem unteren Stiel abgehen sehen, auch schien es mir einigemale, als wenn an den Fuss der Zelle Nerven herangingen; doch bin ich in dieser Beziehung wieder zweifelhaft geworden. Zu den fadenförmigen Zellen sah ich immer nur e i n e n Nervenfaden herantreten, während mit der zugespitzten Zelle sich öfter m e h r e r e für Nerven zu haltende Fäden vereinten [1]). Uebrigens

1) Ich habe dies Verhalten, dass mehrere Nerven zu einer Zelle treten, zuerst bei den Cephalopoden gefunden, und eine Erklärung dieses Befundes so wie weiter der Nervenplexus überhaupt, zu geben versucht. Dabei ging ich von dem auf der Gravitationslehre basirenden Schluss aus, dass bei unmittelbarer längerer Berührung der feinsten Nervenfibrillen eine Bewegung der Molekule der einen Fibrille unmöglich v ö l l i g wirkungslos in der anderen daneben liegenden sein könne. Dieser Schluss ist um so mehr berechtigt, als wir wissen, dass die Nervenerregung sich auf Muskelsubstanz und auf den Zelleninhalt fortzupflanzen vermag, also, da Niemand jene Theile für nervöse erklärt, per Contiguität wirkt. Eine unmittelbare Berührung in aller ausgedehntester Weise scheint es mir aber zu sein, wenn, wie man jetzt allgemeiner anerkennt, der Axencylinder zusammengesetzt ist aus einer grossen Menge von Nervenfibrillen, deren optische Trennung noch keinem

war die Art der Erhärtung einer näheren Verfolgung jener Verhältnisse hinderlich, so dass ich mich begnügen musste hier aufs neue zu constatiren, was ich an anderen Mollusken, auch am Auge von Helix, gefunden hatte. Auch Babuchin ist selbständig auf denselben Befund bei Limax gestossen; in der That zeigten mir Präparate vom Arionauge den Nervenzusammenhang schön und vollständig. Im Allgemeinen will ich bemerken, dass der Nervenzusammenhang zu gut und häufig gesehen wird, um trotz der mancherlei Irrthumsquellen bezweifelt werden zu können, es fehlen für den Nachweis jedoch noch die Zeiten, wie wir sie für Lunge und Nieren gehabt haben, denn erst dann wird sich die grosse Schwierigkeit eines detaillirten und erschöpfenden Studiums mit vereinten Kräften überwinden lassen.

Dass die Nervenschicht innerhalb des Epithels, denn ein solches sind die Retinazellen, liegt, braucht nicht aufzufallen, da wir bei Säugethieren und Vögeln im Epithel der Schnecke reichliche Nervenmassen finden.

Das Pigment, dessen Dicke 0,027 Mm. beträgt, besteht aus bräunlichen kleinen Kugeln, welche jedoch zuweilen, ich glaube erst nach dem Tode, zusammengeflossen sind. Es findet sich mitunter in einzelnen Zellen spärlich, doch in keiner fehlt es ganz. Von der Fläche gesehen bildet es eine für das Licht undurchdringliche Schicht, die jedoch zuweilen etwas lichter gefunden wird. Ich habe eine solche Stelle in Fig. 4 wiedergeben lassen.

Mikroskop gelungen ist. Es fällt mir nicht ein zu leugnen, dass im Organismus für eine isolirte Leitung gut gesorgt ist, aber für das »wie« meine ich, müssen wir unsere Augen offen halten. Es als »absolute« Norm« aufzustellen, dass eine Miterregung nicht vorkommen könne, scheint mir schon deshalb nicht richtig, weil selbst die feinsten Untersuchungen höchstens auf Aeste der markhaltigen Primitivfasern sich erstreckten, ausserdem liegen nach den bewundernswerthen, und so viel ich prüfen konnte, gewiss richtigen Untersuchungen von Schiff die Leitungsverhältnisse des Rückenmarks dergestalt, dass man nur durch die Annahme von Schiff oder die ähnlichen Annahmen, wie ich sie am citirten Ort gemacht habe, die Befunde sich erklären kann. Wenn ich mich auf die paradoxe Zuckung bezogen habe, so geschah es in dem Gedanken, dass ein so auffallender und gesetzmässig verlaufender Zustand, wie der Elektrotonus es ist, auch im physiologischen Organismus in ein oder anderer Weise werde zur Benutzung gezogen werden. Dass ein solches Verhalten noch übersehen sein könnte, glaube ich allerdings.

Man sieht hier eine ziemliche Anzahl Pigmentlücken, welche aber sehr unregelmässig über die Fläche vertheilt und sehr verschieden gross sind. In diesen Lücken, durch die man zuweilen den Kern einer unterliegenden Zelle erkennen kann, sieht man noch wieder Pigment liegen; dass nun diese Lücken nicht, wie noch neuerdings Babuchin annimmt, dazu bestimmt sein können, das Licht durchfallen zu lassen, scheint mir schon nach dem Bilde klar, noch dazu ist die Retina z. B. bei Strombus bedeutend dunkler. Man könnte zwar geltend machen wollen, dass das Pigment nach dem Tode eine Lagenveränderung erlitten haben könne, aber dem steht im Wege, dass eben in jeder einzelnen Zelle Pigment sich befindet. Ich halte demnach die Pigmentlücken einfach für Unvollkommenheiten der Pigmentirung, habe aber auf den Gegenstand zurück zu kommen.

Wir haben endlich noch die Härchen der Zellen zu besprechen. Diese, die man Fig. 4 A. C., Fig. 9, Fig. 11 h abgebildet findet, gehen, wie ich äusserst häufig constatiren konnte, in die Stäbchen hinein, Fig. 8 a., und verlaufen innerhalb dersselben in einem Kanal bis zum äusseren Ende, wo sie in einer mir nicht hinreichend klar gewordenen Weise enden. Zuweilen schienen sie in eine Art Knopf auszugehen, anderemale sich fein zu spalten. Diese Fäden erkennt man auch an Durchschnitten der Stäbchen, Fig. 10 a., aber es fällt hier bereits auf, dass sie in Abtheilungen zu zerfallen scheinen. Betrachtet man eine isolirte Zellengruppe, Fig. 9 B. C., so erkennt man in der That, dass das Härchen dadurch entsteht, dass von mehreren Zellen her Fäden abgehen, welche, dicht aneinandergelegt, weiter verlaufen. An so glücklichen Präparaten, wie Fig. 9 C., erkennt man das Verhalten leicht, aber auch an 9 B. sieht man das gleiche, da bei a. ein Faden abgerissen ist und der andere isolirt weiter verläuft. Die Fäden sind sehr elastisch, wie mir das in Fig. 9 A. skizzirte Präparat erwies, welches ich in den verschiedensten Richtungen gezerrt und schliesslich so gedehnt hatte, dass die einzelnen Fädchen in den Stäbchen selbst auseinander gewichen sind. Wenn man die Fädchen der einzelnen Zellen isolirt hat, fällt an ihnen gewöhnlich eine Kräuselung in die Augen.

Die zusammengesetzte Beschaffenheit des Fadens führt uns nun direct zu der Annahme, dass die Zellen zu gewissen Gruppen vereint sein müssen; solche Gruppen hat in der That schon Babuchin von Limax, dessen Retinazellen z. Thl. pigmentfrei sind, beschrieben. In meinen Präparaten waren leider die Spitzen der Zellen durch

das Pigment ganz undurchsichtig, sobald mehrere Zellen aneinander lagen. Ich vermuthe jedoch, dass in der Mitte jeder Guppe eine zugespitzte Zelle liege, welche umgeben ist von 2 bis 4 Fadenzellen und einer gleichen Anzahl der am Ende verbreiterten Zellen. Erstere würden den Faden liefern, während letztere, die ja specieller mit den Stäbchen in Verbindung stehen, wohl die Substanz dieser auszuscheiden hätten.

Es bleibt nun noch die Stäbchenschicht zu besprechen. Dieselbe besteht aus cylindrischen dickwandigen Röhren, welche im Grunde des Auges 0,097 Mm. lang und 0,001 Mm. dick, an der Peripherie 0,054 lang und 0,010 dick gefunden wurden. Ihre Substanz ist gallertig und (wohl durch den Spiritus) körnig getrübt, Weitere Structurverhältnisse sind nicht wahrnehmbar. Wie der Durchschnitt, Fig. 10, ergiebt, sind sie ein wenig eckig und haben in der Mitte einen Kanal, in welchem neben dem Faden etwas körnige Masse liegt: Um sie herum findet sich ziemlich viel Zwischensubstanz. in dieser finden sich grössere Körnchen, die fast wie durchschnittene Härchen aussehen, aber ich glaube doch zu erkennen, dass es wirklich nur Körner sind, welche wohl durch die Erhärtung entstanden sein dürften.

Die Spitzen der Stäbchen sind von einer etwas stärker brechenden Substanz wie von einer Kappe überdeckt, an sehr wohl erhaltener Retina von Strombus waren keine solche Kappen bemerklich, ich halte dieselben daher für das Product beginnender Zersetzung.

Nach der Peripherie zu werden die Stäbchen auf einmal niedriger und verschwinden dann ganz bis auf einen hellen structurlosen Saum, der bis an den Rand der Pellucida hin die Pars ciliaris innen überkleidet, Fig, 11. Dieser Saum ist structurlose Ausscheidung auf der freien Endfläche der Zellen, also Cuticularsubstanz, ich stehe um so weniger an auch die eigentliche Stäbchensubstanz, die mit ihm continuirlich ist, für solche zu erklären, als ihr Verhältniss durchaus den Stäbchen der Cephalopoden gleich ist und hier habe ich bereits früher den Nachweis geführt, dass die Stäbchen Cuticularsubstanz sind.

Pars ciliaris. Pellucida. Hüllhaut.

Wenn man die Retina nach vorn verfolgt, so sieht man, Fig. 11, dass nicht nur die Stäbchen-, sondern auch die Zellenschicht stetig

niedriger wird, während zugleich das Pigment einen immer grösseren Abschnitt der Zellen einnimmt. Zuletzt werden diese durch und durch pigmentirt, tragen dann aber auch keine Stäbchen mehr, sondern nur noch einen Cuticularsaum; sie sind dann zu Bestandtheilen der Pars ciliaris retinae geworden. Die Zellen dieses Theils, welche würfelig und weiter nach aussen platt erscheinen, gehen ihrerseits continuirlich ins innere Epithel der Pellucida über, wie man Fig. 12 in der Flächenansicht erkennen kann. Man kann sogar beobachten, dass an der Randregion der Pellucida in den hellen polygonalen Zellen schon eine Pigmentablagerung beginnt. 12 d.

Diese Continuität scheint schlagend zu beweisen, dass hier die Retinazellen überall als Epithel aufzufassen sind, um so mehr, als das fussförmige äussere Ende von diesen, namentlich das der Fadenzellen, schon direct auf die Bedeutung als Cylinderepithel hinweist. Auch hierin ist die Uebereinstimmung dieser Retina mit der der Cephalopoden, namentlich jener von Nautilus, sehr vollkommen.

Das ganze Auge wird, abgesehen von dem Gewebe des Augenstiels, noch umgeben von einer zarten Hülle. Diese Hüllhaut kommt dadurch zu Stande, dass die Nerven an verschiedenen Stellen aus der inneren Oberfläche des Stiels zum Auge hintreten. Dabei nehmen sie ihre Scheide mit sich und diese bildet eine mehrfach geschichtete Haut, Fig. 13 a., auf und in welcher der Nerv sich zunächst ausbreitet, und welche sich zum Theil an die Basalmembran der Retina anlegt. Fig. 5 C. b. Die Haut ist sehr fein, enthält Kerne und ist fibrillär gestreift. An der Pars ciliaris, wo die Nerven nicht mehr nachweisbar sind, vereint die Hüllhaut sich mit der Basalmembran der Retina und bildet mit ihr zusammen die Grundmembran der Ciliarzellen und des inneren Epithels der Pellucida.

Diese Membran, Fig. 12 e, ist weit homogener und ist ärmer an Kernen wie die Retinahülle. Man kann sie mitsammt der ganzen Retina und dem Epithel der Pellucida sehr leicht und vollständig abziehen, so dass sich der der Pellucida anliegende Theil, als eine besondere innere Haut derselben erweist und insofern einigermassen an die Membrana Descemetii erinnert.

Linse und Glaskörper.

Die Augenhöhle ist, wie wir sehen, von Linse und Glaskörper ausgefüllt. Die Linse ist homogen und schwach concentrisch ge-

schichtet, zeigt aber weder eine Tropfenbildung, noch sonstige Structur im Innern. Eine Umhüllungsmembran konnte ich durchaus nicht finden. Bei Strombus zeigt die Linse eine homogene Rindenschicht und in der Mitte einen Zerfall in Tropfen, bei einer Voluta war das Innere zu einer grossen in kalter NO_5 nicht löslichen Crystalldruse umgewandelt. Der Glaskörper, der gleichfalls homogen war, umhüllte bei diesen drei Thieren die Linse in der Weise, dass eine ganz dünne Schicht davon sie auch vorne überzog. Es schien hin und wieder als wenn von den Stäbchen aus eine Strichelung in den Glaskörper hineinging, doch mag dies Aussehen mehr zufällig gewesen sein. Die Bildung der Linse hat viel räthselhaftes. Wir besitzen von Leydig[1]) eine Schilderung über ihre Entwicklung. Er sah sie bei Paludina zuerst als hellen stark lichtbrechenden Körper, der im Innern eines zarten Bläschens lag, entweder so, dass er von der Wand des Bläschens noch beträchtlich abstand oder auch erfüllte er das Bläschen ganz. Darnach und nach der Structur der fertigen Linse sei die Bildungsweise wohl die, dass innerhalb der Augenkapsel der Kern einer elementaren Zelle sich in eine feste Eiweisskugel umwandelt und nach und nach die Zelle ausfüllt. Hierauf lagern sich, bis die Linse ihre typische Grösse erreicht habe, um die bereits entstandene Kugel weitere Schichten. Es ist schade, dass es nicht glückte, die Anfangszelle sicher als Zelle nachzuweisen, es würde sich daraus die excentrische Lage der Linse im Glaskörper ganz wohl erklären. Es ist, wie man sieht, auch wohl Leydig's Ansicht, dass in den späteren Stadien die Linse wachse, durch eine Verdichtung respective Stoffaufnahme vom Glaskörper her; es bleibt wunderbar, dass sich dabei die regelmässige Form der Linse so wohl erhält, aber es wird doch so sein müssen.

Das Vorhandensein der Glaskörper bei den Gastropoden ist seit Swammerdam[2]), der einen solchen beschreibt, streitig gewesen. Da ich das Corp. vitreum hier so deutlich vorfand, sah ich auch bei Littorina littorea danach und fand wirklich einen Glaskörper, der sehr schön entwickelt, aber dabei sehr weich und wenig lichtbrechend war, Fig. 14. Auch bei Cyprina islandica und Nassa reticulata fin-

1) Ueber Paludina vivipara. Zeitschrift f. wissensch. Zoologie. Bd. II. pag. 149.

2) Bybel der Natuure. Leydten 1757. Verhandeling van de Wyngaart slat. pag. 106.

det sich ein solcher. Dies machte mich unsicher ob nicht etwa doch, trotz fremder und eigener gegentheiliger Erfahrung auch bei Helix die Swammerdam'sche Angabe richtig sei. Man hat diesen ausgezeichneten Autor selten ausführlich citirt, wahrscheinlich weil seine Beschreibung, so richtig sie auch ist, ganz unverständlich erscheint. Er sagt nach dem holländischen Text: Wenn man, nachdem alles Wasser entfernt ist, mit zwei feinen und sehr spitzen Nadeln das (isolirte) Auge ein wenig quetscht, so wird man die wässrige Feuchtigkeit hervorbrechen sehen. Wenn man dann das Auge noch härter berührt, wird man eine zähe Feuchtigkeit hervortreten sehen, welche der Glaskörper ist. Und hieraus wird sich schliesslich die crystallene Feuchtigkeit scheiden, die härter, plattrundlich, heller, durchsichtiger und strahlend ist; und nicht bevor man die spinnewebartige Haut zerreisst, welche sie bekleidet und welche den fünften Theil des Auges bildet, fliesst sie davon. — Sehen wir wirklich einmal unter der Loupe nach, was Swammerdam denn gemeint hat. Der Durchbruch einer mit Pigment gemischten Flüssigkeit macht sich so wie er es zeichnet. Wir lösen jetzt die Linse heraus, sie tritt als heller glasartiger Körper hervor; nunmehr setzen wir, da sie sonst eintrocknen würde, Wasser hinzu, und jetzt scheidet sich die Linse in zwei Theile, die Hülle quillt gallertig auf — Swammerdam's Glaskörper, der Kern, tritt dann, sich trübend, als dunklere aber glänzende Masse hervor. Ist die Linse vorn verletzt, so zieht sich die quellende Rindenschicht nach der einen Seite und es kann ein Bild entstehen, wie Swammerdam es zeichnet. Nach einiger Zeit quillt noch ein weiterer Theil der Peripherie des Kerns und dies giebt den Anschein, als wenn zwischen dem scheinbaren Glaskörper und der Linse eine, in der That reticulirt aussehende Haut, die »Arachnoidea« also, liege. Es ist folglich Swammerdam's Beobachtung genau, nur die Deutung verkehrt; das, was er für Glaskörper hält, ist noch Theil der Linse.

Ich hatte jedoch, wie gesagt, Grund zur Vermuthung, dass auch bei Helix ein Glaskörper da sein müsse und prüfte also das Verhältniss noch einmal, jedoch vermochte ich an der isolirten Linse keine Spur eines Glaskörpers zu entdecken. Da aber bei den Cephalopoden der Glaskörper eine Flüssigkeit ist, dachte ich, könne dies ja auch bei Helix der Fall sein. Es fand sich nun wirklich bei frisch in Alkohol geworfenen Augen von Helix pomatia, dass ein Glaskörper von halber Linsendicke der Linse anhängt und sie als sehr feine

Schicht auch vorne überzieht. An Durchschnitten sah ich das Verhältniss völlig klar, auch insofern, als die Stäbchenschicht sehr schön erhalten und, relativ mächtig, durch ein kleines Spatium ganz scharf vom Glaskörper getrennt war. Beide Theile liessen sich für sich sehr gut isoliren, sodass eine Verwechselung nicht möglich ist. Es scheint mir demnach klar, dass die wässrige Flüssigkeit Swammerdam's der Glaskörper ist, jedoch halte ich denselben nicht für eine derartige Flüssigkeit, wie sie sich bei den Cephalopoden findet, sondern für eine äusserst weiche, beim Präpariren des Auges zerfliessende Gallerte. Wäre er nämlich eine Flüssigkeit, so würde er nach der Gerinnung nicht die Linse in so regelmässiger Weise umschliessen können, wie er es thut.

Vergleichung mit früheren Resultaten.

Wir haben nunmehr die Aufgabe, den Anschluss an das bisher von dem Auge der Gastropoden erforschte zu gewinnen.

Mit der eingehenden Erforschung der Retina machte Leydig den Anfang, indem er[1]) bei Helix und Limnaeus zwischen Pigmentschicht und der sog. Sklerotika ein besonderes Stratum, die später sog. äussere Retina, d. h. unsere Zellenschicht der Retina nachwies. Ausserdem gab er sehr bemerkenswerthe Befunde über den Glaskörper von Paludina und das, was soeben über die Linse citirt ward. Ihm folgte Keferstein[2]) mit der wichtigen Kunde, dass hinter der Linse und nach innen vom Pigment noch ein besonderes zur Retina gehöriges Stratum sich finde, in welchem er namentlich auch kleine stabförmige oder kolbige structurlose Gebilde nachwies. Schon Krohn[3]) hatte diese Schicht als weissen Belag des Pigments erwähnt. Dann untersuchte ich[4]) das Auge von Helix und Aeolidia. Ich erkannte die innere Retina als eine zellenfreie, helle Schicht, welche mit den einzelnen Pigmentkörpern im Zusammenhang dargestellt ward. Ich lehrte ferner, dass mindestens je ein Nerv an die Elemente der Zellenschicht der Retina herangehe und fand, dass

1) Histologie pag. 257.

2) Ueber den feinern Bau der Augen der Lungenschnecken. Nachrichten der Gesellschaft d. Wissenschaften zu Göttingen. 1864. No. 11.

3) Müller's Archiv 1837. pag. 482.

4) l. c. pag. 63.

die Pellucida nach innen mit einer besonderen Zellenschicht ausgekleidet war. Diese Schicht schien mir nach der Lage des Kerns und den sehr vorspringenden Wänden der Zellen zu schliessen, ähnlich gebaut zu sein, wie die zu eigenthümlichen Fasern umgewandelten Epithelien des Corpus epitheliale der Cephalopoden; seitdem haben Leidig und Babuchin diese Schicht wiedergesehen und erklären sie für einfache Epithelzellen. Ich habe mich überzeugt, dass sie recht haben. Meine Untersuchung war eben, wie ich dort schon bemerkt habe, nicht so eingehend, meine Präparate nicht so zahlreich, um etwas Befriedigendes zu leisten.

Leydig hat dann später noch eine nähere Beschreibung des Auges gegeben[1]), aus der ich hervorhebe, wie er als der Erste sich überzeugte, »dass die histiologischen Elemente der äusseren Retina und der Chorioidea ein und dieselben Zellen sind, nur nach aussen hell, nach innen mit Pigment gefüllt. Das äussere Ende der Zelle sah er bereits mit mehreren Fäserchen oder Würzelchen auslaufen.

Endlich erschien die mehrerwähnte Arbeit von Babuchin. Er kannte noch meine Arbeit über die Retina der Cephalopoden nicht, nur in einem Nachtrag erwähnt er meine Bearbeitung des Schneckenauges, freilich nicht um meine Befunde für eine Bestätigung heranzuziehen, nur das Abweichende unterzieht er einer wegwerfenden Kritik. Dabei erwähnt er allerdings mit keinem Wort, wie wenig Werth ich selbst jener kleinen Abschweifung von meinem Hauptthema beigelegt hatte. — Ich will die Polemik nicht fortsetzen, erlaube mir nur die Bemerkung, dass ich seine Arbeit für sehr gut halte.

Das Wesentliche derselben ist nun Folgendes. Die Retina ist bei verschiedenen Arten von Lungenschnecken nach demselben Typus gebaut. An feinen Durchschnitten des Auges findet sich im Grunde desselben zu äusserst eine Bindegewebsschicht mit wenig eingestreuten Kernen, darauf folgt eine Faserschicht — die Ausbreitung des Sehnerven im Inneren des Auges, dann folgt eine Lage radiär gestellter Zellen, welche zum Theil in ihrem inneren Ende Pigment tragen und hier nach innen scharf und gleichförmig abgegränzt sind, endlich folgt nach innen vom Pigment eine blasse sehr durchsichtige Schicht, welche aber bei verschiedenen Schnecken verschiedene Dicke und verschiedenes Aussehen hat. In der Zellenschicht der Retina

1) Dies Archiv Bd. I. Zur Anatomie u. Physiologie d. Lungenschnecken.

finden sich nun die Formgebilde jedesmal zu bestimmten Gruppen vereint, deren Umfang sich bereits in der Flächenansicht durch helle Zwischenlinien in der Pigmentschicht zu erkennen giebt. Diese Gruppen bestehen aus einer eigenthümlichen, grossen, bei Helix und Limax pigmentfreien, bei Limnaeus und Planorbis pigmentirten Zelle, die Babuchin als Centralzelle bezeichnet, welche umgeben ist von mehreren gestreckten z. Thl. pigmentirten, z. Thl. pigmentfreien Zellen (Stäbchenzellen Babuchin). Letztere sind kernhaltig und in ihrer Mitte findet sich ein stark lichtbrechender, mehr oder weniger dicker Faden, der vom Kern ausgeht, durch die ganze Zelle verläuft und manchmal am inneren Ende als Spitze heraussieht. (Dieser Faden ist, wie ich glaube, identisch mit dem von mir beschriebenen Fädchen am inneren Ende der Zelle.) Nach aussen gehen die Zellen entweder in mehrere oder auch nur in einen Ausläufer aus; von diesen enden einige mit stumpf dreieckiger Anschwellung, während andere mit Nervenfasern in unzweifelhaftem Zusammenhang stehen. Die innere Retina anlangend nimmt diese bei Helix den vierten Theil der ganzen Retinadicke ein. Sie zeigt sich in Abtheilungen geschieden, jede davon sitzt als Capitäl je einer der oben erwähnten Zellengruppen auf. Bei Limax ist diese Schicht beträchtlich dicker und erweist sich zusammengesetzt aus dicht nebeneinanderstehenden, cylindrischen, radiär angeordneten Gebilden, welche im Inneren einen cylindrischen, fein granulirten axialen Körper zeigen, der von einem feingestreiften blassen Saum (der Cylindersubstanz), allseitig umgeben ist, so dass der axiale Körper nicht ganz an die Oberfläche tritt. Diese Gebilde, unsere Stäbchen, hält Babuchin vergleichbar mit dem Saum des Darmepithels (worin ich ihm ganz zustimme), sie bilden einen »Ansatz« auf der Centralzelle.

Ich habe diese Verhältnisse nachuntersucht, aber lediglich nur um die gemachten Befunde kennen zu lernen. Ich glaubte statt Limax, Arion empiricorum benutzen zu dürfen. Ich habe die eigenthümliche Centralzelle gesehen, kann bestätigen, dass ganz pigmentfreie gestreckte Zellen neben pigmentirten vorkommen; finde ferner, dass der Nervenzusammenhang sich sehr schön zeigt und auch die innere Retina macht sich, wie Babuchin sie schildert. Ich möchte nur noch hinzufügen, dass ich von den schmaleren Zellen aus auch längere Fädchen ausgehen sah, die in die Stäbchenschicht hineinragen; ferner fand ich zufällig an Spirituspräparaten von Helix po-

matia, dass auch hier in den recht beträchtlichen Stäbchen grosser Thiere ein Kanal verläuft, der mit ziemlich starker knopfförmiger Erweiterung blind im Stäbchen endet; es schien mir sogar, als wenn innerhalb dieses Kanals mehrere helle Fädchen verliefen. Wie Babuchin bemerkt, hat er, ehe er seine Arbeit in dieser Richtung vollenden konnte, abbrechen müssen.

Es zeigt sich also, dass ich mit den Beobachtungen übereinstimmen kann, dies gilt aber nicht für die Deutung, welche Babuchin seinen Befunden giebt. Er schreibt:

»Es ist schwierig zu sagen, welche Rolle die von mir gefundenen Centralzellen spielen. Es ist nicht unmöglich, dass sie Analoga der Coni der Wirbelthiere darstellen, während andere Zellen als Bacilli aufzufassen sind.

Ich musste, durch äussere Umstände genöthigt, meine Arbeit in dieser Beziehung unterbrechen.«

Bei dieser Deutung wird, wie man sieht, auf die Gebilde der inneren Retina keine Rücksicht genommen, sondern das erregende Licht musste erst durch diese und die Pigmentschicht hindurchgegangen sein, ehe es zur Wirkung käme. Wenn man nun die Augendurchschnitte von Babuchin und die von mir vergleicht, so ergiebt sich ohne weiteres, abgesehen von den Dimensionen, die grösste Aehnlichkeit der Verhältnisse. Demgemäss habe ich denn auch einzugestehen, dass ich schon beim Anblick jener Abbildungen und nicht erst nach der Untersuchung von Pteroceras die Deutung gewonnen habe, die ich vertrete. Ich glaube wirklich auch nicht, dass Babuchin noch länger auf seiner Deutung verharren wird, aber dennoch scheint es mir richtig, auf diese Differenz näher einzugehen.

Wir sehen einmal ganz von der Aehnlichkeit, welche sich zwischen der Stäbchenschicht der Pulmonaten und der anderer Mollusken findet, so wie von den sonstigen inneren Verhältnissen, welche jene zur lichtpercipirenden Schicht stempeln, ab. Es fragt sich dann einfach, ist anzunehmen, dass das Pigment, vorausgesetzt, dass die Lücken in ihm das Licht gut genug durchlassen, als Diaphragma diene oder nicht?

Die Bedeutung des Pigments scheint noch nicht überall so klar erfasst zu sein, wie es doch gestattet wäre; wenigstens sehe ich, dass noch in neueren Schriften die Annahme, es reflectire das Pigment, je nach Verschiedenheit der Farbe des Lichtes, Wärme, für die Erklärung des Sehens angezogen wird. Es ist schon nach der einfachen

Beobachtung von Albinos sicher, dass das Sehen bei Abwesenheit des Pigments nicht aufhört, sondern nur, namentlich bei grellem Licht, erschwert ist, anderntheils kennen wir keine Beobachtung, die wirklich nachwiese, dass irgendwo das Pigment zum Zustandekommen der Lichtwahrnehmung unumgänglich nothwendig sei. Wir wissen dagegen sicher, dass die Pigmentmassen des Auges Licht nicht durchlassen und sehr wenig davon reflectiren. Daher nehmen wir an dass 1) das Pigment dazu da sei, um überschüssiges, durch die Retina gegangenes Licht zu absorbiren, denn thäte es das nicht, so würde das Licht zum Theil reflectirt werden und an andern Stellen der Retina eine störende Wirkung entfalten. 2) dass das Pigment alles Licht abzuhalten hat, welches neben der Pupille auf Cornea oder Sclera geworfen wird. Thäte es dies nicht, so würde bei hellem Licht eine vollständige Verwischung des Retinabildchens eintreten müssen, weil auch d i e Stäbchen, welche im Schatten des Bildchens liegen, durch anderweitiges Licht durchleuchtet und gereizt werden würden. Dass dies geschehen müsste ist sicher, denn wir wissen einerseits, dass die Sclera von Albinos sehr durchsichtig ist, und andererseits können wir unser eigenes stark pigmentirtes Auge durch die Sclera mit Sammellicht der Art durchleuchten, dass wir äussere Objecte nicht mehr genügend unterscheiden können. Diese letztere Function, das Abhalten des äusseren Lichtes, scheint diejenige zu sein, welche am wichtigsten für das genaue Sehen ist.

Nun ist zwar bei manchen Schnecken der Fühler pigmentirt, z. B. auch bei Helix, bei sehr vielen anderen, namentlich bei den Heteropoden, ist das Auge äusserlich durch Pigment nicht geschützt. Aber selbst bei Helix ist der ausgestreckte Fühler so durchsichtig, dass man in glücklichen Momenten in ihm die ä u s s e r e R e t i n a erkennen kann. Es werden also die Zellen dieser Schicht hier, und um wie vielmehr bei den Heteropoden, vom äusseren Licht getroffen und wahrscheinlich sogar von diesem intensiver, als von dem Licht, welches vom Inneren des Auges herkommen könnte. E s i s t f o l g l i c h k l a r, d a s s d i e s e r T h e i l d e r R e t i n a e i n e d i r e c t d u r c h d a s L i c h t r e i z b a r e S c h i c h t n i c h t s e i n k a n n. Dagegen ist die Stäbchenschicht, und sie allein, von allen Theilen der Retina durch das Pigment gegen alles störende äussere Licht wohl verwahrt, sie wird nur von der Linse aus beleuchtet. D i e s e, d e m S a u m d e r D a r m e p i t h e l i e n vergleichbare Masse, diese C u t i c u l a r s u b s t a n z also ist es, in welcher das Licht zuerst wirkt,

welche also den äusseren Theilen unserer Stäbchen und Zapfen entspricht.

Vergleichung mit anderen Augen.

In meiner früheren Arbeit habe ich leider die Homologien und Analogien der beschriebenen Augen vernachlässigen müssen, und sie hat dadurch wesentlich an Verständlichkeit eingebüsst. Durch die Erkundung des Schneckenauges und namentlich durch embryologische Studien an Wirbelthieren bin ich jetzt so weit gekommen, über die Formfolge sehr wesentlich klarer zu sehen, deshalb erlaube ich mir zum Schluss noch diese Verhältnisse darzulegen.

Ich will vorausschicken, dass ich früher zu der Ansicht gelangt war, dass sich die Augen der Cephalopoden, das von Nautilus am klarsten, dann aber auch dasjenige der Schnecken, nach Analogie der Gehör- und Geruchsorgane der Wirbelthiere bilden müsse; d. h. durch Einstülpung von Epithelzellen, welche sich zum Sinnesapparat entwickeln. Folglich, schloss ich, spiele bei den Mollusken das Epithelium eine ähnliche, wenn auch nicht gleiche Rolle, wie das äussere Keimblatt bei den Wirbelthieren. Dieser Schluss ist ohne Zweifel äusserst gewagt, aber doch darf man ihn machen, wenn ganz sicher steht, dass die Retina in ihren wesentlichen Theilen aus Epithel hervorgeht. Nun hat mir C. Semper[1]) erlaubt mitzutheilen, dass er an einer Landpulmonate der Philippinen ganz klar und deutlich beobachtet hat, wie das Auge sich durch Einstülpung des Epithels bildet, ich bin also um so mehr berechtigt, auch die Bildungsweise des Auges zu berücksichtigen.

Wenn man eine Vergleichung der Augen anstellen will, entsteht von vorneherein eine Schwierigkeit, die Autoren sagen, dies »ist« Sclera, Cornea, Chorioidea u. s. w., aber nach Beweisen für dies »ist« sucht man nur zu häufig umsonst. Eine Beweisführung ist aber nicht eher möglich, ehe man über das Princip der Benennung einig ist, sonst tritt ein stetes Durcheinander von Homologie und Analogie, von morphologischen und functionellen Aehnlichkeiten ein. Dieser Fall ist für das Auge in der That da, und lässt sich daher eine etwas fundamentale Darlegung nicht umgehen. Wenn man es kann, pflegt man sich bei der Vergleichung an die physiologische

1) Es wird darüber noch eine nähere Mittheilung von ihm erfolgen.

Aehnlichkeit zu halten (und wohl mit Recht, weil es das Leichtere ist), obgleich die Homologie eigentlich das Erste sein sollte. Der Name Auge ist z. B. ganz physiologisch, er bezeichnet das Organ, welches zum Sehen dient und bildet, wenn ich es so nennen darf, einen Kernbegriff, für den Form, Lage, Entwicklung, Nebensache sind; »Retina« ist zu einem Kernbegriff geworden, und damit ist ganz die ursprüngliche Bedeutung des Namens verloren gegangen. Diese Namen sind äusserst bequem zu verwenden, weil wir mit Sicherheit das eigentlich Wesentliche, den Kern des morphologischen Baues kennen und uns Alle darin verstehen. Dasselbe gilt jetzt für »Stäbchen und Zapfen«, sie bilden trotz des doppelten Namens für die Vergleichung den Kernbegriff, eines durch Licht erregbaren Stratums; so endlich ist die Iris: das bewegliche Diaphragma. Sclera, Cornea und Choroidea sind dagegen noch keine solche Begriffe, weil wir noch nicht mit Entschiedenheit den Kern ihrer Function zu nennen wissen, aber man hat sie doch vielfach in solchem Sinne verwandt.

Ich habe dies näher auszuführen.

Die Sclera hat eben zu viel Functionen, um einen einheitlichen Begriff auszumachen; sie ist hartes Schutzorgan des Auges, Träger der Cornea und Ansatzpunkt der Muskeln; nichts berechtigt uns eine dieser Functionen als die Hauptsache herauszuheben. Wenn man nun nicht dies alles vereint findet, ist es bedenklich ein Analogon der Sclera zu statuiren und darum habe ich mich gegen ein solches bei den Schnecken ausgesprochen. Nun sagt z. B. Babuchin in seinem Nachtrag mir gegenüber ganz einfach, es »ist« ein ächtes Analogon der Sclera da, denn die Hülle des Auges geht auch in die Cornea continuirlich über. Wenn ich nun die Abbildungen vergleiche, so zeigt sich zunächst, dass wir zwar dieselben Verhältnisse gezeichnet haben, dass er aber die Scheide des Opticus als Sclera in Anspruch nimmt, während ich das äussere, Muskeln enthaltende Bindegewebe, welches aber auch in die sog. Cornea übergeht, bei meiner Besprechung im Auge gehabt habe. Es zeigt sich jetzt übrigens schlagend, wie richtig es war keine Sclera anzuerkennen. Wenn man bei Pteroceras von Sclera und Cornea sprechen will, so wird Niemand bei Anschauung der Fig. 1 Zweifel fühlen, was wohl so genannt werden müsse, nämlich das Stielgewebe, welches ganz unabhängig von dem weiter unten abgehenden Tentakel zur Augenhülle ausgebildet ist. Die Sclera Babuchin's findet sich aber als

ganz dünne lamellöse Membran, die schon besprochene Hüllhaut der Retina, nach innen von jener, und tritt so sehr zurück, dass es oft Mühe macht sie aufzufinden. Diese Haut umschliesst nun, wie wir wissen, die Augencontenta der Art, dass sie auch die Pellucida innen überzieht, aber wenn ich sie von ihr abziehe, bleibt die Pellucida selbst ganz ungeschwächt und nicht merklich verdünnt zurück. Diese Analogie ist also schon bei dem nahestehendsten Vergleich ganz unhaltbar geworden.

Fragen wir nun aber nach der Homologie der Sclera, so spricht ein Punkt grade zu Gunsten dieser feinen Hülle; sie ist nämlich bei den Wirbelthieren wie bei den Mollusken die Fortsetzung der Sehnervenscheide.

Ich glaube jedoch nicht, dass dies hier maassgebend sein kann. Man betrachtet bei den Wirbelthieren die Opticusscheide und die Sclera als Fortsetzung der Hirnhaut und zwar embryologisch mit dem grössten Recht.

Das Blastem, welches Hirn und Auge beim Embryo umhüllt, ist ein gleiches, weil die Retina Ausstülpung des Hirns ist und der Opticus kein Nerv, sondern in seiner ganzen Länge ein Tractus oder, wenn man lieber will, eine Hirncommissur ist. Bei den Schnecken ist nun die Retina keineswegs eine Ausstülpung des Gehirns und die Opticusscheide ist, wie auch der Durchschnitt Fig. 2 ergiebt, ganz gewöhnliches Neurilem. Daher darf wohl auf diese Art der Homologie kein Gewicht gelegt werden.

Im Uebrigen wissen wir, dass die Sclera in ihrer Bildung schon in der Reihe der Wirbelthiere sehr variabel ist, ein Verhalten, welches ihr gänzliches Verschwinden in der absteigenden Thierreihe voraussagt. Bei der Verfolgung der Verhältnisse des Auges finden wir nun freilich, dass durch die plötzliche Lagenänderung der Stäbchen im Auge ein Riss in der Continuität der Verhältnisse auftritt, der, wie sich bei näherer Betrachtung ergiebt, kaum schärfer gedacht werden könnte. Es ist nun sehr merkwürdig, dass bei der fundamentalen Aenderung im Typus des wesentlichen Theils, die accessorischen Organe doch die Continuität wahren. Bei den Cephalopoden wird noch immer die Linse eingestülpt und durch Epithelien gebildet; noch finden wir eine Iris, eine Corena, ja selbst Augenlider, aber alle genannten Theile gehen im Bezirk dieser Classe allmälig verloren. So ist es auch mit der Sclera, dieselbe findet sich gleichsam in Bruchstücken noch vor; ein

Theil erscheint als äussere Augenkapsel, er trägt die Cornea, ein anderer umhüllt enger die Retina, ist knorpelig, dient zum Ansatz der Augenmuskulatur und wiederholt in seinem Gefüge den Sclerotikalring von Vögeln und Amphibien. Jedoch schon beim Nautilus ist von jenen mit der Sclerotica homologen Theilen nichts mehr vorhanden.

Man hat nun auch bei den Heteropoden eine das Augenepithel direct überziehende dünne Haut, eine Fortsetzung der Scheide des Opticus, Sclera genannt, dagegen gilt dasselbe, was ich oben gegen die Sclera von Helix geltend machte. Ausserdem kommt hinzu, dass man bei solcher Vergleichung die äussere Kapsel des Auges ganz vernachlässigt. Man hat das Wirbelthier und das Schneckenauge direct verglichen, während man die viel grössere Aehnlichkeit der Theile des Cephalopoden- und Heteropoden-Auges darüber ausser Acht liess. — Die Vergleichung der Cornea macht besondere Schwierigkeiten, es ist mir dabei vorzüglich hinderlich, dass ich diese Membran noch nicht in ihrer Entwicklung genau genug kenne. Die Hauptfunction der Cornea ist so in die Augen springend, dass man gewöhnlich sehr leicht mit den Analogieen fertig geworden ist. Sie ist eben das erste brechende Medium des Auges, worin implicite schon gegeben ist, dass sie sich vor den anderen Häuten des Auges durch ihre Durchsichtigkeit auszeichnen muss. Nach dieser Definiton hat man in der That die Cornea der niederen Thiere aufgesucht, dagegen benutzt man sie nicht für das besser erkannte Auge gewisser höherer Thiere. Bei den Schlangen übernehmen die Augenlider die physiologische Function der Cornea und doch ist Niemand zweifelhaft, dass diese nicht die Cornea seien. So wird man, glaube ich, auch für die niederen Thiere, sobald wir nur ihr Auge besser verstehen gelernt, den Namen Cornea zurückziehen und vielleicht meinen Vorschlag, den Namen Pellucida für solche, der Cornea analoge, aber nicht homologe, Bedeckungen des Auges einzuführen, acceptiren. Geht man nach der Homologie für die Cornea als Ganzes[1]), so wird man wohl die, von der Haut überzogene, dem Lichtdurchtritt freie Stelle soweit gelten lassen dürfen, als sich die continuirliche Reihe darstellen lässt.

Charakteristisch für die Cornea ist die eigenthümliche Durch-

1) Ich glaube jedoch, dass sich die drei Häute, aus welchen die Cornea besteht, im Verlauf der Thierreihe von einander sondern.

sichtigkeit des Gewebes im Gegensatz zur Sclera. Dieser Gegensatz findet sich nun meiner Erfahrung nach nicht bei den Mollusken, ja, abgesehen von der Kalk- und Pigmentablagerung, auch nicht bei den Arthropoden. Es ist nämlich von Pecten an bis zu den Heteropoden die als Cornea bezeichnete Stelle nicht in ihrer Grundsubstanz durchsichtiger, wie das übrige Gewebe, sondern sie lässt dass Licht nur deshalb besser durchfallen, weil namentlich das Epithel durchsichtiger geworden ist wie an den übrigen Stellen des Auges, zum Theil auch weil die Haut hier sehr verdünnt ist. Bei den Wirbelthieren und auch bei den Cephalopoden ist diese Haut dagegen eigenartig, ja ich finde sogar, dass sie sich bei ersteren in besonderer Weise entwickelt. Gleich nach der Linseneinstülpung ist die Cornea äussert dünn, nur eine Basalmembran des Epithels, während die Sclera als Fortsetzung der Muskelsehnen sich bereits dunkler abgränzt. Es liegt nun, so lange die Linse noch hohl ist, zwischen Linse und Cornea nach vorn von der Membrana pupillaris, ein Gallertgewebe, genau von derselben Structur, wie das des Glaskörpers in diesem Stadium, während zu keiner Zeit etwas Aehnliches an Sclera oder Chorioidea sich findet. Dies Gewebe geht dann sehr bald in der Bildung der Cornea auf, welche vom Rande her sich verdickt. Es sind dies Befunde guter Augendurchschnitte vom Schaaf, Kaninchen und Meerschweinchen. Von Hühnchen hatte ich vor langer Zeit ähnliche Präparate. In Erwägung dieser Verhältnisse ist es wohl gerechtfertigt, wenn vorläufig der Name Cornea beschränkt wird.

Wir kommen endlich zur Choroidea, einem Namen, welcher vorzugsweise häufig unrichtig verwandt worden ist. So sagt z. B. ein Autor vom Planorbis-Auge sehr charkteristisch, »die Gefässhaut erstreckt sich bis zum Rande der Cornea«, und doch denkt er dabei gar nicht an Gefässe, sondern nur an das Pigment. Es ist klar, dass solche Nomenclatur Verwirrung bringen musste.

Für die Analogie bietet die Choroidea zwei Anhaltspunkte, nämlich den Gefässreichthum und den Pigmentgehalt. Wenn man das Pigmentepithel ihr aber nicht zurechnet, so überwiegt ganz entschieden an Wichtigkeit der Gefässgehalt, die Function als Ernährerin der Retina. Die menschliche Anatomie hat in der That, wie der Name »Vasculosa, Gefässhaut,« bezeugt, auf diese Function sehr grosses Gewicht gelegt; die vergleichenden Anatomen haben jedoch den Pigmentgehalt als maassgebend betrachtet. Es ist dies ganz

natürlich, da man noch die näheren Verhältnisse der Choiroidea am menschlichen Auge nicht kannte. Nun aber hat Kölliker in seiner Entwicklungsgeschichte nachgewiesen, dass das Pigmentepithel gar nicht zur Chorioidea gehört, sondern dass es das äussere Blatt der primären Augenblase, also die Retina ist. Dieser Nachweis ist durch wenig Schnitte am Auge von jüngeren Embryonen so klar zu führen, dass wirklich an der Richtigkeit der Thatsache nicht gezweifelt werden darf. Das Pigmentepithel gehört so zur Retina, wie etwa das Epithel der Conchae zu dem der Nasenscheidewand, ist dagegen schärfer von der Chorioidea getrennt zu halten, wie z. B. die Epidermis von der Cutis. Ja, die Beziehung dieser Schicht zur Retina geht weiter. Wie man weiss, sind die Stäbchen der niederen Wirbelthiere ganz von Pigment eingescheidet, und selbst bei den Säugethieren werden sie von Grübchen des Pigments aufgenommen. Nachdem wir nun in Erfahrung gebracht haben, dass die Stäbchen der Wirbellosen Zellenausscheidungen sind, kommen wir naturgemäss zu der Frage: was sind diese Thiere bei den Wirbelthieren und wie gerathen sie so mitten in die Substanz der Zellen des äusseren Retinablattes hinein? Es ist mir nun nach meinen Beobachtungen im höchsten Grade wahrscheinlich geworden, dass die Stäbchensubstanz der Hauptmasse nach vom Pigmentepithel, und nicht von der nervösen Retina gebildet werde.

Wenn an ganz jungen Embryonen die Einstülpung der primären Augenblase vollendet ist, besteht der zur äusseren Wandung derselben gewordene Theil, der sich unmittelbar an die innere, früher vordere, Wandung angelegt hat, noch aus einer ziemlich dicken, dem oberflächlichen Ansehen nach geschichteten Zellenlage. Sehr bald aber wird sie (wohl durch das starke Wachsthum des Auges), dünn und einschichtig, mit Ausnahme des vorderen Randes, der dicker bleibt. Nun entwickelt sich in den Zellen dieses Blattes Pigment, welches zunächst nur an der Retinaseite der Zellen sich findet, während ihre äussere Parthie noch unpigmentirt bleibt. Später geht das Pigment durch die ganze Dicke der Zelle, nur die Umgebung des Kerns, der excentrisch und peripherisch liegt, bleibt frei. Bei den niederen Wirbelthieren entwickeln sich nun innerhalb dieses Pigments die Stäbchen, bei Froschlarven ist es durchaus nicht möglich zwischen den Pigmentkörnchen, welche wie eine Scheide dem Stab anliegen, und diesem selbst eine trennende Masse aufzufinden. Bei Säugethieren dagegen hebt sich das Pigment etwas von der Re-

tina ab: der so entstehende Raum ist dann von der Substanz der Stäbchen und Zapfen angefüllt. Um hier an Schnitten die Verhältnisse in situ zu erhalten, muss man bekanntlich ziemlich concentrirte erhärtende Lösungen anwenden, die aber leider bewirken, dass die einzelnen Elemente nicht so günstig hervortreten.

Wenn man nun an so erhärteten Augen, z. B. von neugeborenen Katzen, mit dem Rasirmesser sehr feine Schnitte macht, so findet man, dass scheinbar noch immer eine einfache Zellenschicht auf der Membrana limitans externa ruht. Jede darauf liegende Zelle zeigt aber drei Zonen; zu äusserst die Kernzone, dann eine Pigmentzone und zu innerst eine pigmentfreie radiär gestrichelte Masse — die Stäbchen. An solchen Präparaten scheinen also die Stäbchen einen Theil der Pigmentzellen auszumachen. Trennt man nun die beiden Blätter der Retina voneinander, so bleiben bald einzelne, bald alle Stäbchen, bald auch ein Theil oder das ganze Pigment an der Retina nervosa haften; ebenso wird man, wenn man darauf achtet, an jeder etwas macerirten Retina die Hauptmasse der Stäbchen an den Pigmentzellen haftend finden und so erkennt man überhaupt leicht, dass die lichtpercipirende Schicht in dem intimsten Zusammenhang mit den Pigmentzellen steht. Dass übrigens auch Theile vom inneren Retinablatt sich in das Pigment hineinbilden, halte ich für durchaus wahrscheinlich, aber unverkennbar hat die Pigmentschicht einen wesentlichen Antheil an der Bildung der Stäbchen. Diese Verhältnisse erfordern natürlich ein viel genaueres Studium, als dasjenige, welches ich ihnen bis jetzt gewidmet habe[1], aber die jetzt vorhandenen Angaben dürften doch genügen, die Vereinigung des Pigmentstratums mit der Retina, die im Auge der Mollusken so unzweifelhaft ist, auch für das Auge der Wirbelthiere unumgänglich zu machen.

Demnach haben wir die Chorioidea nach anderen Prinzipien als den bisherigen aufzusuchen. Die Pigmentzellen in der Chorioidea selbst haben eine so untergeordnete Bedeutung, ihr Vorkommen ist auch schon bei den Wirbelthieren so wechselnd, dass wir auf sie wohl kein Gewicht legen dürfen. Wenn wir nun auf den Gefässreichthum der Membran ausschliesslich Rücksicht nehmen wollten, würden wir

1) Auch den abweichenden Angaben von M. Schultze (Heft 2 u. 3 dieses Archivs) gegenüber muss ich daran festhalten, dass die äusseren Glieder der Stäbchen sich aus den Pigmentzellen entwickeln.

	Wirbelthiere.	Dibranchiaten.	Nauti s).
Aeussere undurchsichtige Augenhülle.	Complicirt, aus Orbita, Muskelkegel, Augenlidern u. Sclera bestehend.	Complicirt, zwei Hüllen, 1) Kapsel mit Orbita, 2) die wie bei den Fischen knorplige Hülle des Bulbus mit schwachen Muskeln. Ein dem Scleroticalring homologer Aequatorialknorpel.	Sehr einfach, löser Augenst itpol-
Durchsichtige Augenhülle.	Cornea, mit der Sclera continuirlich, mehrere Schichten, ein inneres u. äusseres Epithel.	Cornea, mit keinem Theil des Auges selbst, sondern nur mit der Kapsel und äusseren Haut continuirlich. Inneres und äusseres Epithel. Geht in dieser Ordnung verloren.	fehl
Chorioidea.	Lamellöse, gefässhaltige äussere Hülle der Retina, nach der Linse zu Corp. ciliare und Iris bildend, durch den Musculus ciliaris u. das Lig. pectinatum mit der innersten Schicht der Cornea in Zusammenhang.	Lamellöse, gefässhaltige, äussere Hülle der Retina, erstreckt sich durch die Pars ciliaris ins Corp. epitheliale lentis, hängt aber nicht direct mit der Iris zusammen. In diese Hülle sind die Nerven und die Elemente der äusseren Retina eingelagert. Die Nervenhülle geht continuirlich in die Chorioidea über.	Lamellöse äussere Hülle tina, als dün nahe bis zun rand sich e Trägt und u Nerven und sehr schwach ten Elemente ren Retina.
Retina.	Der Anlage nach ein Hirntheil, aus zwei Lamellen bestehend, zerfällt der Flächenausdehnung nach in die Retina perfecta und in die Pars ciliaris retinae.	Der Anlage nach ein Sinnesepithel, aus zwei Lamellen bestehend, zerfällt der Flächenausdehnung nach in eine Retina perfecta und in die einlamellige Pars retinae ciliaris (non perfecta).	Ein Sinnesep Epi- der Epidermis per- tinuirlich, aus mellen besteh fällt der Fläc nung nach in perfecta und mellige Pars c
Ausgebildeter Theil der Retina.	Die zwei Lamellen sind durch die Oberfläche des Centralkanals von einander geschieden. Auf dieser — sekundären Körperoberfläche, nach aussen von der nervösen Retina, liegen die Stäbchen; hier wie stets liegt das Retinapigment nach aussen von den Stäbchen. Der Opticus tritt als einfacher Stamm in die nervöse Retina ein. Diese enthält Ganglien und zwei Nervenstrata. Die Zellen liegen in mehreren Schichten. Die Basalmembran findet sich als Membr. limitans interna	Zwei Lamellen, die innere entspricht einem Epithel, ihre Zellen sind wenig entwickelt, der Hauptmasse nach eine Pigmentschicht. Diese trägt auf der inneren, d. Körperoberfläche entsprechenden Seite die Stäbchen. Das äussere Blatt ist in Bindegewebe eingelagert (hineingewuchert?), enthält ein Nervenstratum, Ganglion vom Auge getrennt, der Nerv vor seinem Eintritt in Bündel zerfallen. Die Membrana perforata entspricht der Membrana limitans, ist Ba-	Zwei Lamelle icht nere ein Cylir nen- Das Pigment llen, Spitzen diese eien zellen. Die S nar- diesem Ende. tra- oberfläche ent Die Zellen ren Retina in webe, sehr sc wickelt, zwisch Nervenstratum vom Auge get veneintritt ins zweigt. Die Membra rata Basalmer Retinaepithels.

Zu Seite 423.

Wirb

Retina, ein vorgestülpter Hirn
blatts [1]). Kein isolirtes Gang

Die Augenhüllen entsprechen

Linse, ein selbständiges, durch
Hornblatts.

Glaskörper, ein durch Einstü
gewebe.

Wirbelthiere.	Cephalopoda dibranchiat	Pecten.
		fehlen.

Pars ciliaris retinae.	Zwei Epithel mit ei sind, da tirt, da frei. desubst (dem blatt) che ei tans i liche B Zonula	Lage niedriger rter Zellen, auf Oberfläche eine ursubstanz, die Stäbchen con- ist.	Ein Wulst, an dessen Oberfläche sich die neu zu wachsenden Stäbchen zu bilden scheinen.	?
Membrana hyaloidea.	Eine bran, w körper	fehlt.	fehlt?	fehlt.

einen sehr geringen Verbreitungsbezirk für sie finden, es scheint mir jedoch, dass wir noch weiter gehen dürfen. Die Chorioidea ist eine zarte lamellöse, die Retina unmittelbar umhüllende Augenhaut, und wo wir eine solche finden, sind wir, wie es scheint, berechtigt, sie für das Homologon der Chorioidea zu erklären, namentlich wenn die Continuität bis zu den höher organisirten Thieren sich darlegt.

Es möge nun ein Versuch erlaubt sein, die Analogieen und Homologieen in der mir näher bekannten Augenreihe tabellarisch darzulegen. Diese Darlegung ist nicht — wie das sonst wohl bei solchen Tabellen der Fall ist, eine nach den Theorien des Autors geformte Quintessenz festbegründeter Erwerbungen, sondern sie beruht z. Thl. auf Beobachtungen, die noch nicht Gemeingut geworden sind, z. Thl. auf Anschauungen, die vielleicht ich allein zu vertreten habe. So soll sie auch nur meine Ansicht über den Gegenstand klarer darlegen, und es ist nicht die Meinung, dass sie etwa ohne weitere Begründung zum Lehrzweck zu verwenden wäre. Ueber einige Verhältnisse werden noch die numerirten Anmerkungen Auskunft geben. (S. Tabelle.)

Anmerkungen zur Tabelle.

1) Obgleich an und für sich die Entwicklungsgeschichte klar genug lehrt, dass die Retina ein Hirntheil ist, bedarf dieser Satz doch eines detaillirteren Nachweises. Was den Vorgang der Bildung selbst betrifft habe ich zu bemerken, dass ich mehrere Schnitte vom Meerschweinchenauge aus frühester Zeit besitze, wo noch die primäre dickwandige Augenblase rund ist und in freier Communication mit der Höhle des Gehirns steht, dessen Wandungen um diese Zeit kaum dicker wie jene der Retina erscheinen. Dies Verhältniss war, glaube ich, an Säugethieren noch nicht gesehen. Ich betone, dass nach der Einstülpung die inneren Oberflächen der Wände dieser primären Augenblase die Gränzlinien zwischen Pigment und Stäbchen einerseits und der nervösen Retina andererseits bilden, und dass die Höhle selbst Centralkanal ist.

Da anerkannt ist, dass die primäre Augenblase durch den hohlen Augenstiel mit dem Hohlraum der Vorderhirnblase communicirt, fragt sich für die Beweisführung zunächst, ob letzterer Hohlraum Centralkanal ist. Ich finde, dass die Continuität des Centralkanals bis ans vorderste Ende des Hirns hin beim Säugethier ganz ununter-

brochen ist, mindestens bis zur Zeit, wo bereits die Hemisphären dickwandig geworden und die Streifenhügel sehr entwickelt sind. Die Lücken in dem Kanal, die in der Wand der Medulla oblongata und später in den Hemisphären für den Eintritt der Plexus gebildet sein sollen, sind nur scheinbar. Dasselbe Gewebe, welches am Rückenmark die Wandung des Centralkanals bildet, schliesst ihn auch über der Rautengrube, denn es gehen die Zellen, welche die Oberfläche der Medulla bilden, volkommen continuirlich auf den Plexus ventriculi quarti über, aber hier bleiben sie als einfaches Epithel auf der Pia mater bestehen, während sie im Uebrigen eben die Nervenmasse erzeugen. Dasselbe gilt für das Grosshirn. Hier stülpen sich die Plexus von dem mittleren Schädelbalken in der Weise von hinten und der Sagittalebene her in die Hemisphärenblasen ein, dass deren Wandung sie continuirlich überzieht und sich auf ihnen zum Epithel gestaltet, während an den übrigen Stellen die Wandungen fortfahren sich zu verdicken und das Hirn zu bilden. Nun ist die Continuität der Hirnwandungen mit der Retina derartig, dass der Stiel, der N. opticus, zunächst ebenso wie die Hirnwandungen und die Retina aus mehreren Lagen von Zellen besteht, die in ihrem Aussehen nicht von den Hirn- und Retinazellen abweichen. Diese Conformation bleibt bestehen, noch kurze Zeit nachdem die Augenblase durch Glaskörper und Linse, die sich gleichzeitig einstülpen, und der Opticus durch die Art. hyaloidea, zurückgestülpt sind. Dann aber verschwindet sie sehr rasch und anstatt dessen tritt ein, allerdings noch von vielen Kernen durchsetzter Nervenstrang auf. Die Umbildung zum Nerven habe ich leider noch nicht direct verfolgen können, aber das Factum ist sicher.

Ich kann nicht unterlassen zu berichten, dass die Homologie zwischen Retina und Centralorgan noch viel weiter geht. Die nervöse Retina entwickelt sich bekanntlich so, dass die inneren Schichten, welche also am Rückenmark der Peripherie entsprechen, zuerst sich erkennen lassen. Es tritt in der ursprünglich als ein dickes, geschichtetes, kleinzelliges Epithel erscheinenden Wand der Retinablase zunächst die Nervenschicht auf, dann die Molekularschicht mit den Ganglienzellen, darauf scheiden sich durch das Auftreten der Zwischenkörnerschicht die äusseren Körner von den inneren und dabei behält die innere Körnerschicht auffallend lange den embryonalen Typus; man erkennt in ihr leicht den Charakter einer Epithelschicht, welche die Wandung des Centralkanals der Retina be-

gränzt. Ein Querschnitt des Rückenmarks zur Zeit der Ausbildung der Thränenfurche, wo dann die Längsstränge schon ziemlich entwickelt sind, zeigt auffallende Aehnlichkeit im Bau. Zunächst am Centralkanal ist ein Rest wenig metamorphosirter Bildungszellen, eine Schicht kleiner etwas gestreckter und übereinander gelagerter Zellen geblieben, die sich hier wie an der Retina sehr lebhaft imbibiren und die die erste Spur dessen bilden, was man als Epithel des Centralkanals bezeichnet hat. Sie entsprechen also der äusseren Körnerschicht. Dann folgt eine zunächst schmale Schicht von parallel der Oberfläche des Centralkanals verlaufenden Fibrillen, welche freilich an der vorderen Commissur eine stärkere Entwicklung haben. Diese Schicht ist der Zwischenkörnerschicht wohl nicht blos scheinbar, sondern wirklich homolog. Nach aussen von diesen folgen wiederum viele kleine Zellen, zwischen denen jedoch bereits Molekularmasse liegt, so dass eine so scharfe Gränze, wie sie sich an der Retina zwischen inneren Körnern und Molekularsubstanz findet, am Rückenmark entweder fehlt oder sehr rasch vorübergeht. Gewisse äussere Parthien dieses Theils werden zu Gangliennestern, weiter nach aussen folgen, dem Stratum der Ausbreitung des N. opticus entsprechend, die Längsstränge. Die Basalmembran (Membrana prima mihi) ist in dieser Periode nicht mehr von der Pia zu trennen. Das ganze Rückenmark wird bis tief in die Längsstränge hinein durchsetzt von Radiärfasern, welche von den Zellen des Centralkanals ausgehen, dadurch wird die Aehnlichkeit mit der Retina erhöht. In dieser Periode lässt sich jedoch nicht mehr ein Durchschnitt der Retina mit einem Schnitt aus Rückenmark oder Gehirnwand verwechseln. Die zeitliche Entwicklung geht an beiden Orten zwar so vor sich, dass zunächst aussen an der Oberfläche des dicken scheinbar geschichteten Epithels, aus dem das Centralorgan besteht, sich die Nervenstränge bilden, aber dann treten an der Retina die inneren Zellen als unverkennbare Ganglienkugeln hervor, während im Rückenmark die betreffenden Zellen erst sehr spät den Habitus der Ganglien annehmen.

Wenn es auch nicht neu sein mag, dass die Retina grosse Aehnlichkeit mit dem Centralnervensystem hat, so dürfte doch diese stärkere Urgirung der Zusammengehörigkeit nicht unnütz sein.

2) Babuchin hat die Formveränderung der Linse im Auge der Schnecken direct beobachtet.

3) Ich erlaube mir das Auge von Asteracanthion hineinzuziehen,

obgleich ich nichts Neues darüber bringe. Ich kenne es zwar aus eigener Anschauung, habe aber nur die Untersuchung Haeckel's wiederholt. Es kam mir nur darauf an, hier Andeutungen zu geben, wie ein solches Auge sich der Darstellung anfügt. Beachtenswerth scheint in dieser Hinsicht namentlich auch Mecznikow's Beschreibung des Auges der Landplanarie Geodesmus (Melanges biologiques T. V). Es scheinen die Augen der Arthropoden nach einem ganz anderen Typus entwickelt zu sein, nicht als Einstülpung, sondern als Vorstülpung der Haut, so dass nur von den niedrig entwickelten Augen (Asterias, Geodesmus) aus sich ein Anschluss scheint gewinnen zu lassen.

4) Die Hüllen des Auges von Pterotrachea bedürfen noch näherer Untersuchung; meine Präparate ergaben mir, ich habe sie wieder durchmustert, nur eine einfache Hülle des inneren Auges, jedoch hatte ich nur Augen aus Liquor conservativus zu Gebote, die zur Präparation sehr wenig taugen. Auch hier zeigten sich mindestens insofern Besonderheiten, als die Haut an der Grenze zwischen Pellucida und dem Pigmentepithel in auffallender Weise festhaftet. Ich bin überzeugt, dass eine eingehende Untersuchung dieser Verhältnisse die Homologie mit dem Auge, sei es der Cephalopoden, sei es von Pteroceras, scharf hervortreten lassen wird.

5) Das Auge von Pecten scheint zwar in seinem Bau ziemlich genügend klar gelegt, aber zum Verständniss müsste man einigermassen erkennen können, wie es sich entwickelt. Ich kann das fast gar nicht erkennen und vermag dies so höchst merkmürdige und vielen Aufschluss versprechende Auge deshalb nur ganz oberflächlich in die Reihe einzufügen; vorläufig stört es in manchen Beziehungen den Typus. Ich habe jedoch mit der Zeit eine so hohe Meinung von der ausserordentlichen Consequenz in den morphologischen Bildungen der Natur gewonnen, dass ich nicht daran zweifle, es werde auch dies Auge, denn ein solches ist es unzweifelhaft, in vollständigster Weise sich in die Normen, nach welchen die Augen der übrigen Mollusken gebaut sind, fügen, es mag aber sein dass jene Normen nicht diejenigen sind, die ich hier aufgestellt habe.

6) Die Membrana perforata hängt sehr eng mit dem unterliegenden Bindegewebe zusammen, jedoch ist sie eine selbständige Membran, die Gefässe liegen z. B. nicht in ihr, sondern unter ihr, durch eine besondere Hülle von ihr getrennt. Man sieht dies auf einigen meiner Abbildungen, jedoch hatte ich in jener Zeit keinen

Grund, besonders genau auf dies Verhalten einzugehen. Es ist mir nicht zweifelhaft, dass man sie als Basalmembran des Retinaepithels, d. h. der inneren Retina, aufzufassen hat. Sie ist, wie erwähnt, das Homologon der Membrana limitans interna, aber man kann sie auch als das Analogon der Limitans externa betrachten; es ist nämlich bei den Cephalopoda dibranchiata die äussere Retina das Analogon der Retina nervosa der Wirbelthiere, die innere das Analogon des Pigmentblatts der Wirbelthiere, also die dazwischen liegende Membrana perforata in diesem Sinn Limitans externa. Es zeigt sich nun, dass die Retina externa in der Reihe der Cephalopoden an Bedeutung verliert; bei Loligopsis Zebra fand ich bereits das Pigmentblatt in der Weise entwickelt, dass die Zellen cylindrisch waren und nur in ihrer inneren Hälfte Pigment enthielten, bei Nautilus sind dann diese Zellen schon so entwickelt wie bei Pteroceras, und die äussere Retina tritt dagegen sehr zurück. Wenn man nun Homologie und Analogie durcheinander werfen wollte, könnte man sagen, die Limitans externa wandre durch die Retina nervosa hindurch nach der Seite des Bindegewebes zu, aber weil ein solcher Satz an und für sich sinnlos ist, muss man möglichst strenge die beiden Vergleichsprinzipien sondern; offenbar ist die Homologie für die meisten anatomischen Verhältnisse die Betrachtungsweise, welche am meisten Aufschluss gewährt.

7) Ich habe mich früher gescheut, die Pars ciliaris mit der Retina in Verbindung zu bringen; nachdem ich jedoch die betreffenden Verhältnisse näher kennen gelernt, gewann ich die Ueberzeugung, dass auch für Wirbelthiere die Zusammengehörigkeit, für welche Kölliker mit in der That völlig ausreichenden Gründen in seiner Entwicklungsgeschichte eintrat, unzweifelhaft ist. Es lässt sich nicht nur die Entwicklung der vorderen Theile der Retina entsprechend beobachten, sondern auch das Verhalten der Pars ciliaris des Erwachsenen lässt noch den wahren Sachverhalt erkennen. Es setzen sich eben die beiden Blätter der Retina als zwei dicht verklebte Zellenlagen continuirlich auf das Corp. ciliare fort, mindestens bis zu den der Linse anliegenden Spitzen der Corona, vielleicht in etwas veränderter Form noch weiter. Die Untersuchung ergiebt ferner unzweifelhaft, dass die Zonula Zinnii als Basalausscheidung der Zellen der Pars ciliaris auftritt, wie ja die Membrana limitans Basalmembran der Retina ist. Die Zonula zerfällt bekanntlich sehr leicht in Fasern die Querstreifung zeigen, die Querstreifung steht perpen-

diculär zur Längsaxe der Zelle, entspricht also der Streifung in den Verdickungssäumen. Beim erwachsenen Thier — Auge von Tarsius, Albinokaninchen und Hund — bekommt man häufig Präparate, auf denen von den einzelnen Zellen die Fasern der Zonula zu entspringen scheinen, sich auch mit diesen, wenngleich schwierig, isoliren lassen. Bei Embryonen erscheint die Zonula mehr homogen.

Ich hoffe in einiger Zeit detaillirte Mittheilungen über alle diese Verhältnisse bringen zu können, die zunächst hier vorläufig mitzutheilen und zu benutzen ich mir erlaubte.

Erklärung der Abbildungen auf Taf. XXI.

Fig. 1—13 von Pteroceras.

Fig. 1. Auge von Pteroceras angeschnitten, 12mal vergrössert. Man sieht in dem Augenstiel, der sich nach vornehin zur Pellucida verdünnt, die Höhle für das Auge; in diesem die angeschnittene Linse, die von dem etwas zusammengefallenen Glaskörper umhüllt wird. Ferner die ringförmige Pars ciliaris retinae und dahinter die Retina selbst, in der sich nur als weisser, dem Glaskörper zugewandter Saum die Stäbchenschicht, ferner die Zone des Pigments und nach aussen von dieser die Zellenschicht unterscheiden lässt. Die Nervenausbreitung in dieser tritt nicht hervor.

Fig. 2. Querschnitt des Augenstiels noch unterhalb des Tentakels, 30-mal vergr. a Bindegewebe, b erster Ring von Längsmuskeln, c zweiter Ring von Längsmuskeln, d Quermuskeln, e dritter Ring von Längsmuskeln, f ein Gefäss, g ein Nerv.

Fig. 3. Querschnitt durch die Retina, 400mal vergr. a Basalmembran. b Nervenschicht, c Zellenschicht der Retina, e Stäbchenschicht, f Kappen der Stäbchen, g Kanal in den Stäbchen.

Fig. 4. Isolirte Zellen aus der Zellenschicht der Retina, 900mal vergr. A zugespitzte Zelle, a das pigmentfreie Ende derselben, b abgehender Faden. B am Ende verbreitete Zelle, a aufsitzende Stäbchensubstanz. C fadenförmige Zelle, a das in die Stäbchen gehende Härchen, b ein zutretender Nerv. D und E fadenförmige Zellen, F am Ende verbreiterte Zelle. G eine Mittelform.

Fig. 5. Zellengruppen aus der Retina, 750mal vergr. A eine zugespitzte und eine fadenförmige Zelle, a das Fussende, d ein herantretender Nerv.

B b eine fadenförmige Zelle, c verzweigtes Fussende der grösseren Zelle. C Zellen mit der Basalmembran. Bei b liegt dieser eine Lamelle der Retinahülle an.

Fig. 6. Zellengruppen aus der Retina. Aa am Ende verbreiterte Zellenform, b fadenförmige Zellen, B a Nerv zu einer Fadenzelle gehend, b eine Fadenzelle, einer zugespitzten Zelle anliegend.

Fig. 7. Das Pigment im Flächenschnitt, um die Pigmentlücken zu zeigen, 400mal vergr.

Fig. 8. Gruppe von Stäbchen und Pigment, man sieht bei a die Härchen in die Stäbchen hinein- und heraustreten, 400mal vergr.

Fig. 9. A 250mal vergr. Von den Retinazellen gehen stark gedehnte Härchen an der einen Seite in Stäbchensubstanz hinein und ragen z. Thl. auf der anderen Seite hervor. B 400mal vergr. Aus einer Zellengruppe entspringt ein gemeinschaftliches Haar a, welches sich aus mehreren Fädchen zusammensetzt, von denen eins bei a' weiter verläuft. C ein Härchen a, welches sich aus mehreren Fädchen zusammenlegt.

Fig. 10. Querschnitt der Stäbchen. 900mal vergr. a Kanal der Stäbchen mit dem Faden darin.

Fig. 11. Querschnitt des Auges, 100mal vergr a Wand des Augenstiels, b Pellucida, c Epithel des Augenstiels, d Nerven, e Epithel der Pellucida, f Pars ciliaris retinae, g Stäbchenschicht, h die in die Stäbchen hineingehenden Härchen, i Zellenschicht der Retina, k Nervenschicht.

Fig. 12. Epithel des Auges von der Fläche, 500mal vergr. a Retina perfecta, b Pars ciliaris retinae, c Epithel der Pellucida, d halbpigmentirte Epithelzellen der Pellucida, e Basalmembran.

Fig. 13. Querschnitt der Retina, 500mal vergr. a Hüllhaut der Retina (Choroidea), b Nerv, c Basalmembran der Retina.

Fig. 14. Linse und Glaskörper isolirt von Littorina, 500mal vergr. a feiner Glaskörperüberzug der Linse.

Ueber die Anwendung des Kreosots bei Anfertigung mikroskopischer Präparate.

Von

Professor Dr. Ludwig Stieda in Dorpat.

Bei Anfertigung von mikroskopischen Präparaten nach der Clarke'schen Methode werden die betreffenden Schnitte der Organe — gleichviel ob mit Carmin imbibirt oder nicht — zuerst durch absoluten Alkohol entwässert, dann durch Zusatz von Terpenthinöl durchsichtig gemacht und schliesslich mit Canadabalsam und einem Deckgläschen bedeckt. Man ist durch diese Methode in Stand gesetzt, sehr schöne Präparate besonders aus dem Nervensystem zu erhalten, aber ist dabei doch vielen Unbequemlichkeiten ausgesetzt. Zu diesen Unbequemlichkeiten rechne ich vor Allem die Nothwendigkeit, die Schnitte zuerst durch Alkohol entwässern zu müssen. Abgesehen von dem hierbei stattfindenden Zeitverlust kann man dabei niemals die Präparate oder Schnitte in der Reihenfolge, wie sie einem Organ, z. B. vom Gehirn, entnommen wurden, aufbewahren, weil sie beim Liegen in Alkohol natürlich durcheinander gerathen. Eine ganze Serie vieler genau auf einander folgender Schnitte ist aber oft äusserst wünschenswerth. Ferner ist jedem Mikroskopiker der Umstand bekannt, dass viele Präparate durch die Behandlung mit Terpenthinöl in sehr unangenehmer Weise einschrumpfen. Um einem Theil jener Unbequemlichkeiten zu entgehen, habe ich eine Zeit lang alle angefertigten Schnitte, ohne dieselben durch absoluten Alkohol entwässert zu haben, sofort mit Terpenthinöl behandelt. Auf diese Weise wurden die Schnitte auch

durchsichtig, aber es bedurfte dazu längerer Zeit, bei Präparaten, die in verdünntem Spiritus gelegen hatten, z. B. bei Stücken, welche in Chromsäure-Lösung erhärtert waren, ungefähr ½—1 Stunde, bei Präparaten, welche in Wasser gelegen hatten oder mit Carmin und anderen Reagentien behandelt worden waren, dauerte es oft 24 Stunden. Es ist diese Modification der Clarke'schen Methode meines Wissens zuerst von Reissner angewendet und auch beschrieben worden (Reichert's Archiv Jahrg. 1860).

Es müssen aber dabei die Präparate unter steter Aufsicht sein, weil das Terpenthinöl häufig erneuert werden muss. Bei dieser langsamen Einwirkung des Terpenthins schrumpfen aber viele Präparate in ganz unangenehmer Weise zusammen.

Kürzlich ist von Rindfleisch (Zur Histologie der Cestoden. Archiv für mikrosk. Anatomie, herausgegeben von M. Schultze I. Bd. pag. 138) als Ersatz für das Terpenthinöl zum Aufhellen mikroskopischer Präparate Nelkenöl empfohlen worden. Man braucht nach der Vorschrift von Rindfleisch die angefertigten Schnitte nicht 24 Stunden in absolutem Alkohol liegen zu lassen, sondern es genügen schon etwa 3 Stunden. Rindfleisch betont, dass die Nachtheile der Lufttrocknung, welche die Behandlung mit Terpenthinöl mit sich führt, ebenfalls durch das Nelkenöl vermieden würden, weil man die sehr bald aufgehellten Präparate, mit Canadabalsam und einem Deckgläschen bedeckt, aufbewahren könne.

Die von Rindfleisch dem Nelkenöl zugeschriebenen Vortheile bei Anfertigung mikroskopischer Präparate, werden in noch viel höherem Grade erreicht durch Anwendung einer anderen Flüssigkeit, welche deshalb ganz besonders empfohlen zu werden verdient. Diese Flüssigkeit ist das Kreosot. Das Kreosot ist zuerst in Anwendung gezogen worden von Kutschin bei Untersuchungen, welche er über das Nervensystem der Neunauge anstellte (Ueber den Bau des Rückenmarks des Neunauges. Diss. inaug. Kasan 1863). Durch diese Dissertation habe ich das Kreosot kennen gelernt und seit der Zeit auch vielfach benutzt. In Deutschland scheint diese Dissertation und somit auch die Empfehlung des Kreosots ganz unbekannt geblieben zu sein.

Kutschin verfuhr folgendermassen: Er brachte die vorher mit Wasser abgespülten Schnitte auf ein Objectgläschen, entfernte das überflüssige Wasser durch Fliesspapier, fügte dann einen Tropfen Kreosot hinzu und beobachtete nun ein sehr schnelles Durchsichtig-

werden der Schnitte. Hatte er die Schnitte vorher in einer Mischung von Spiritus und Aether etwa ½ Stunde liegen gelassen, so wurden dieselben ganz plötzlich durchsichtig. Kutschin bedeckte dann die durchsichtig gewordenen Schnitte mit einem Deckgläschen, auf dessen Rand er Damarrharz auftrug, um die Präparate so aufzubewahren. Kutschin hebt ganz besonders hervor, dass das Kreosot nicht allein für Präparate des Nervensystems, sondern auch für andere in Chromsäurelösung erhärtete Organe brauchbar sei.

Das Verfahren von Kutschin modificirte ich — nachdem ich seine Angaben bestätigt gefunden hatte — sehr bald dahin, dass ich die durchsichtig gewordenen Schnitte nicht sofort mit einem Deckgläschen bedeckte, sondern erst das überflüssige Kreosot abwischte, dann einen Tropfen Damarrharz oder Canadabalsam auf den Schnitt brachte und nun erst mit einem Deckgläschen bedeckte. Ich vermied dabei die Anwendung des absoluten Alkohols, konnte von einem Organ eine Reihe von Schnitten gerade in der Reihenfolge, wie sie dem Organe entnommen waren, auf Objectgläschen bringen und sofort aufhellen; ich brauchte nicht, wie beim Terpenthinöl, von Zeit zu Zeit einen neuen Tropfen hinzuzusetzen, ich vermied das durch das längere Stehen an der Luft bedingte unangenehme Schrumpfen der Schnitte. Bei Schnitten, welche in Wasser gelegen hatten und deshalb etwas längere Zeit, d. h. einige Minuten, zum Durchsichtigwerden bedurften, fand ich es zweckmässig, den Schnitt sofort mit einem Deckgläschen zu bedecken, womit jeder Schrumpfung sicher vorgebeugt werden kann.

Als ich durch die Mittheilungen von Rindfleisch das Nelkenöl als Ersatz für Terpenthinöl kennen gelernt hatte, machte ich sofort eine Reihe von Versuchen mit Nelkenöl, in Folge derer ich die Angaben von Rindfleisch durchaus bestätigen kann. Ich dehnte aber auch die Anwendung des Nelkenöls sehr bald dahin aus, dass ich dasselbe, wie ich beim Gebrauch des Kreosots gewohnt war, direct auf wässrige Präparate applicirte. Auch mit Nelkenöl erzielte ich einen Erfolg, die Präparate wurden ebenfalls durchsichtig, doch lange nicht so schnell, wie nach Anwendung von Kreosot. Während beim Gebrauch des Kreosots nur einige Minuten bis zum Durchsichtigwerden vergingen, dauerte bei Benutzung von Nelkenöl das Aufhellen viel länger, mindestens ½ Stunde, oft eine Stunde und mehr. Dabei war ein Schrumpfen einiger Präparate nicht zu vermeiden.

Obgleich ich nun im Nelkenöl und im Kreosot zwei Flüssigkeiten kannte, welche die Benutzung des Terpenthinöls völlig entbehrlich machten, und ich kaum erwarten durfte, irgend eine andere Flüssigkeit aufzufinden, welche noch besondere Vorzüge auch vor dem Kreosot besitzen sollte, so unternahm ich dennoch die Prüfung einer grossen Reihe ätherischer Oele in Rücksicht auf ihre Fähigkeit, Präparate zu mikroskopischen Untersuchungen aufzuhellen. Die Herren Collegen Buchheim und Dragendorf hatten die Freundlichkeit, mir aus ihren Sammlungen eine grosse Menge von verschiedenen Oelen zum Zwecke dieser Untersuchung zu Gebote zu stellen.

Ich prüfte die Oele in folgender Weise: Von einem in Chromsäurelösung gleichmässig erhärteten Organe fertigte ich eine Anzahl feiner Schnitte, einen Theil der Schnitte brachte ich in absoluten Alkohol, den anderen Theil in Wasser. Die aus dem Wasser oder aus dem Alkohol entnommenen Schnitte übertrug ich nun auf verschiedene Objectgläschen und beobachtete nun nach der Uhr, wieviel Zeit bis zum Durchsichtigwerden der Präparate je nach Zusatz der verschiedenen Oele verging.

Es stellte sich als Resultat dieser Untersuchung heraus, dass die geprüften Oele, deren Aufzählung unten folgt, sich in zwei Gruppen sondern liessen. Die Oele der ersten Gruppe wirkten alle wie Terpenthinöl, d. h. sie hellten die durch absoluten Alkohol entwässerten Präparate in kurzer Zeit, oft schon nach einigen Minuten, auf; auf wässrige Schnitte dagegen übten sie entweder erst nach stundenlanger Einwirkung ihren aufhellenden Einfluss aus oder liessen die Präparate ganz unverändert.

Von den zu dieser ersten Gruppe gehörigen Oelen nenne ich:

Ol. Terebinthinae,
Ol. Absynthii,
Ol. Balsam. Copaivae,
Ol. Cortic. Aurantiorum,
Ol. Cubebarum,
Ol. Foeniculi,
Ol. Millefolii florum,
Ol. Sassafras,
Ol. Iuniperi,
Ol. Menthae cripsae,
Ol. Origani vulgaris,
Ol. Lavandulae,

Ol. Cumini,
Ol. Cajeputi,
Ol. Cascarillae cortic.,
Ol. Sabinae,
Ol. Citri.

Man wird demnach keinen Grund haben, die aufgezählten Oele, welche ihrer chemischen Constitution nach dem Terpenthinöl in einzelnen Bestandtheilen oder auch ganz isomer sind, zu verwenden.

Die andere Gruppe der ätherischen Oele wirkt wie Nelkenöl, d. h. hellt Präparate, welche in Spiritus gelegen haben, recht schnell, wässrige Präparate dagegen etwas langsamer mit nicht zu vermeidender Schrumpfung auf. Zu dieser Gruppe gehörig erwiesen sich:

Ol. Gaultheriae,
Ol. Cassiae,
Ol. Cinnamomi,
Ol. Anisi stellati,
Ol. Bergamotti,
Ol. Cardamomi,
Ol. Coriandri,
Ol. Carvi,
Ol. Roris marini.

Diese genannten Oele, welche meist Verbindungen von Säuren oder Aetherarten organischer Säuren oder Aldehyde oder aldehydartiger Körper sind, dürften demnach in gleicher Weise, wie Nelkenöl, eine Verwendung finden.

Die Fragen, wie diese Oele wirken, welche chemischen Vorgänge statthaben, warum die Oele der zweiten Gruppe einen Vorzug vor den Oelen der ersten Gruppe haben, vermag ich hier nicht zu beantworten; ich begnüge mich damit, die Thatsachen hinzustellen.

Da ich der Ansicht bin, dass das Kreosot alle anderen bisher angewendeten Hülfsmittel zum Aufhellen — immer in Hinsicht auf die spätere »Einschliessung« der Präparate — überflüssig macht und sehr bald die verdiente Verbreitung finden wird, so gebe ich zum Schluss eine Beschreibung der auf diese Weise modificirten Clarke'schen Methode.

Man bringe die angefertigten Schnitte, wenn diese einem schön in Carmin gefärbten Organe entnommen sind oder gar nicht einer Färbung mit Carmin bedürfen, sofort auf einen Objectträger, entferne das Wasser oder den Spiritus durch Fliesspapier, oder wische

dasselbe einfach mit einem zarten Tuch fort und setze dann einen Tropfen Kreosot zu jedem Präparat. Bedürfen die gemachten Schnitte erst eine Behandlung mit Carmin oder Essigsäure oder mit beiden Reagentien, so lasse man ihnen diese zu Theil werden, spüle die Schnitte gehörig mit Wasser ab, bringe sie dann auf den Objectträger und setze nach Entfernung des Wassers Kreosot hinzu. — Sobald früher oder später das Präparat durchsichtig geworden, so wische man das überflüssige Kreosot fort, bringe einen Tropfen in Terpenthinöl gelöstes Damarrharz oder Canadabalsam darauf und bedecke dasselbe mit einem Deckgläschen.

Ich füge zu diesem Beitrag zur mikroskopischen Technik noch eine kleine Notiz, welche vielleicht dem einen oder anderen Mikroskopiker benutzbar erscheint.

Um Präparate, welche in Glycerin oder auch anderen Flüssigkeiten feucht aufbewahrt werden sollen, einzuschliessen, benutzt man bekanntlich verschiedene sog. Kitte (Frey, das Mikroskop und die mikroskopische Technik. Zweite Auflage. Leipz. 1865. pag. 124—129). Ziemlich verbreitet ist der sog. Ziegler'sche weisse Kitt, der durch Apotheker Meyer in Frankfurt am Main am besten zu beziehen ist. Ich benutze nun schon seit einigen Jahren einen Kitt, welcher dem Ziegler'schen ganz gleich aussieht und den Ziegler'schen Kitt, dessen Bereitung ich nicht kenne, vollständig ersetzt. — Diesen Kitt kann man sich selbst bereiten oder beim Apotheker bereiten lassen nach folgender Vorschrift, welche durch verschiedene Versuche sich als die bequemste herausgestellt hat:

Man verreibe Zinkoxyd mit der entsprechenden Menge Terpenthinöl und setze unter stetem Verreiben zu je einer Drachme des Zinkoxyds eine Unze einer syrupsdicken Lösung von Damarrharz in Terpenthinöl. Man erhält dadurch einen weissen, dem Ziegler'schen ganz gleichen Kitt. Wünscht man eine andere Farbe, so kann man statt des Zinks Zinnober nehmen und erhält dann einen schönen rothen Kitt, nur nehme man ʒii auf ℥i.

Ist der weisse oder rothe Kitt durch längeres Stehen ein wenig erstarrt, so kann man ihn durch Terpenthinöl, Aether oder Chloroform in beliebiger Weise ganz nach Wunsch flüssig machen, um ihn sofort zu verwenden.

Dorpat, den 27. Sept. (9. Octbr.).

Beitrag zur Kenntniss des anatomischen Baues der Tasthaare.

Vortrag gehalten in der physiographischen Gesellschaft in Lund am 7. März 1866

von

M. V. Odenius.

(Aus dem Schwedischen der Acta Universitatis Lundensis Jahrg. II.)

Hierzu Taf. XXII.

Die Tast- oder Spürhaare (pili tactus, mystaces et supercilia, Morrhåren, Værbörster, whiskers, poils du tact) zeichnen sich vor den übrigen Haarbildungen nicht blos durch Grösse und Lage, sondern vor Allem durch ihre bedeutende Empfindlichkeit und Beweglichkeit aus, welche Eigenschaften sie hauptsächlich zu feinen Gefühlsorganen geeignet machen. Wie bekannt haben diese Haare ihren Sitz auf der Oberlippe, über den Augen, bei einer Anzahl von Thieren selbst auf der Unterlippe und am Kinn. Ausserdem findet man sie vereinzelt, auf grösseren oder geringeren Abständen hinter den Mundwinkeln zerstreut. Auf der Oberlippe, wo sie am grössten und zahlreichten vorkommen, stehen sie auf beiden Seiten um den Maulrücken in regelmässigen, von dem Lippenrande aufwärts und nach Aussen hin etwas auseinander gehend geordneten Reihen, mit den grössten Follikeln und Haaren zu oberst. Gegen den Lippenrand selbst zu werden die Haare immer kleiner und zeigen sich zugleich mehr unregelmässig zusammengestellt. Ueber dem inneren Theile jedes Auges liegt eine Gruppe etwas kleinerer Haare, in ungleicher Anzahl bei verschiedenen Thierarten, von 2 bis zu 8—10,

in letzterem Falle in 2 Reihen. Auf der Unterlippe kommen sie theils am Lippenrande, theils in einer kleinen Gruppe in der Mittellinie des Kinns etwas mehr vom Maule entfernt vor. Die Grösse der Follikel sowohl wie der Haare, wird weniger von der Grösse des Thieres, als von der Art beeinflusst. So habe ich die Länge der Haarfollikel bei der braunen Ratte 3, 5—4 Mm., bei Kaninchen 6—7 Mm., bei Katzen ungefähr 4 Mm. und bei Seehunden 14—15 Mm. gefunden, während sie bei Ochsen nur ungefähr eine Länge von 5 Mm. erreichen.

Tasthaare scheinen bei allen Klassen der Säugethiere vorzukommen, obgleich, wie die angeführten Vergleichungen ausweisen, sehr ungleich ausgebildet. Sehr ausgebildet sind sie bei den Nagern, ebenso bei den Raubthieren, besonders bei den Katzen, ihre höchste Entwickelung und Grösse scheinen sie bei den Seehunden zu erreichen. Obwohl unsere Kenntniss von dem Entwicklungsgrade der Tasthaare bei den verschiedenen Thierfamilien noch sehr unvollständig ist, so scheint es doch ziemlich gewiss, dass ihre Ausbildung gleichen Schritt hält mit dem durch die Lebensweise und den Aufenthaltsort bedingten Bedürfniss von besonderen und in gewisser Entfernung wirkenden Gefühlsorganen. Insbesondere für Thiere, welche hauptsächlich des Nachts in Thätigkeit sind und auf Nahrung ausgehen, an dunkeln, engen Stellen leben, oder, wie die Seehunde, sich zwischen treibenden Eisstücken aufhalten, scheint die Bedeutung dieser Haare wie eine Art Taster ganz auf der Hand zu liegen[1]).

Im Allgemeinen gross und vergleichungsweise leicht zu präpariren haben die Tasthaare, wenigstens seit Morgagni's Zeit, einen Gegenstand für Untersuchungen abgegeben.

---

1) Diese Wichtigkeit der Tasthaare ist auch durch Versuche an den Tag gelegt. Carpenter (Todd's Cyclopaedia of Anat. Vol. IV art. Touch. p. 1167) führt an, »dass durch das Abschneiden der Tasthaare das Thier im hohen Grade das Vermögen verliere, im Dunkeln seine Bewegungen zu regeln«. So hat Mr. Broughton gefunden, dass, während eine junge Katze mit vollständigen Tasthaaren sich mit verbundenen Augen aus einem Labyrinthe, worin man sie zu dem Behufe gebracht, habe zurecht finden können, sie dagegen hierzu nicht im Stande gewesen sei, nachdem man sie der Tasthaare beraubt hatte. Sie stiess nun unaufhörlich mit dem Kopfe gegen die Wände, sprang gegen alle Ecken und fiel über die ihr in den Weg gelegten Absätze, anstatt ihnen aus dem Wege zu gehen, wie sie es vor Beraubung der Tasthaare gethan hatte.

Obwohl man dabei nicht umhin konnte, auf die ansehnlichen Nervenverzweigungen Bedacht zu nehmen, welche in diese Gebilde ausgehen, und man selbst auf experimentalem Wege ihre grosse Empfindlichkeit erkannte, so hielt man sie gleichwohl in früheren Zeiten eigentlich nur für Haare in der gewöhnlichen Auffassung, ja sah in ihnen nur den Typus selbst für die Haarbildung der Säugethiere [1]). Erst genauere Untersuchungen haben in der neueren Zeit die Verschiedenartigkeit im Baue oder vielmehr bei den Tasthaaren die Anwesenheit von wesentlichen Theilen herausgestellt, welche den gewöhnlichen Haaren ganz und gar fehlen. Aus diesem Grunde hat man mehr und mehr angefangen sie von den letztgenannten zu unterscheiden und endlich — Leydig — sie als Organe sui generis zu betrachten. Analog mit unserer bereits feststehenden Kenntniss des Wesens der Nerven in den übrigen Tastorganen können wir erwarten, auch bei den Nerven der Tasthaare ähnliche Terminalbildungen zu finden. So weit mir bekannt ist, hat man indessen keine specielle Untersuchungen über die Art der Endigung der Nerven in den Tasthaaren angestellt. Es ist deshalb ganz natürlich, dass ich bei meinen Untersuchungen über die in Rede stehenden Organe hauptsächlich meine Aufmerksamkeit auf diesen Punkt gerichtet habe. Auch in Bezug auf die übrigen hierhergehörenden Theile, besonders den kavernösen Körper, welche in Bezug auf ihre Anatomie gewiss besser untersucht und bekannt sind, gibt es hier und da theils hinzuzufügen, theils zu berichtigen. Uebrigens muss ich bemerken, dass mein Untersuchungsmaterial sich hauptsächlich auf die Katze, die braune Ratte und die Hausmaus erstreckt. Nur in geringerem Masse hatte ich auch Gelegenheit Hund, Kaninchen, Meerschwein und Ochsen zu untersuchen.

Wie wir früher bereits angedeutet haben, sind die Tasthaare freilich wirkliche Haare und haben, wie jene, alle die Theile, welche den gewöhnlichen Haaren zukommen: Haarsack mit Papille, Wurzelscheiden und Haarschaft mit bulbus. In ihrer Eigenschaft als Tastorgane sind sie aber zugleich mit einem zwischen dem Haarsacke und den Wurzelscheiden gelegenen kavernösen Körper versehen, mit welchem ein charakteristischer nervöser Apparat im engsten Zusammenhange steht. Die eigentlichen Haartheile stimmen indessen in Bezug auf ihren Bau so nahe mit dem der gewöhnlichen Haare überein und sind von Anderen bereits so genau beschrieben, dass

1) Eble, die Lehre von den Haaren. Wien 1831. Bd. I S. 64 u. 185.

wenig in dieser Beziehung hinzuzufügen bleibt. Indem ich deshalb den Bau dieser Theile als bekannt voraussetze, glaube ich mich in Bezug hierauf nur auf einige kurze Andeutungen beschränken zu brauchen, um demnächst ausführlicher die für die Tasthaare charakteristischen Bildungen zu behandeln.

Der eigentliche Haarsack besteht bekanntlich aus einem Gebilde des Bindegewebes, welches in Bezug auf die Textur am meisten den sogenannten fibrösen Membranen ähnelt. Sowohl im Längs- als Querschnitt erweiset es sich als eine unmittelbare Fortsetzung der umgebenden Lederhaut, welche ungefähr bei der Mündung des Sackes allmälig eine festere, bei grossen Tasthaaren fast knorpliche Konsistenz annimmt. Gleichwie bei den gewöhnlichen Haaren unterscheidet man auch in dem fibrösen Sacke der Tasthaare eine äussere longitudinale und eine innere transversale Lage, welche jedoch ohne scharfe Gränze in einander übergehen. Entstanden durch eine von der Röhrenform des Organs bedingte verschiedene Anordnung von Elementen der Lederhaut, scheint es indessen nur die longitudinale Lage zu sein, welche die direkte Fortsetzung des corium bildet, während die transversale Lage mehr auftritt wie eine verstärkende vollständige innere Bekleidung der ersteren. Am stärksten entwickelt zeigt sich die transversale Lage am Halse des Haarsackes, wo sie einen ansehnlichen, nach innen sich neigenden Wulst bildet, welcher ringförmig dicht das austretende Haar umschliesst. Aufwärts zieht sich dieser Wulst allmälig zurück und verliert sich in der äusseren Lage der umgebenden Haut, während er dagegen abwärts gegen die Höhlung der Follikel zu mehr steil abgeschnitten ist. In und über demselben trifft man nicht selten, und, wie es scheint, beständig bei der Ratte mehr oder minder reichlich Pigment. Einen ähnlichen, gewöhnlich in Form eines Knies hervortretenden Wulst bildet die transversale Lage auch eine Strecke weiter unten am Haarsacke, gewissermaassen als untere Begränzung für den Ringsinus. — Sowohl Gegenbaur[1]) als Leydig[2]) führen im Gegensatze

1) C. Gegenbaur: Untersuchungen über die Tasthaare einiger Säugethiere. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie v. Siebold u. Kölliker. 3. Bd. 1851. S. 18.

2) F Leydig: Ueber die äusseren Bedeckungen der Säugethiere. Archiv f. Anat., Physiol. etc. v. Reichert u. DuBois-Reymond. 1859. S. 714.

zu älteren Angaben an, dass sie niemals Blutgefässe in den Wandungen des Haarsackes gefunden hätten. Bei injicirten Präparaten einer jungen Katze habe ich dieselben jedoch deutlich, obgleich sparsam, beobachtet. Die Tasthaare zeigen sich somit in dieser Beziehung verschieden von den gewöhnlichen Haaren, welche wenigstens bei den Menschen nach Bendz, Kölliker und Anderen an diesem Theile mit einem reichen Kapillarnetze versehen sind. Diese Abweichung erklärt sich indessen leicht daraus, dass die Tasthaare, abgesehen von der Papille, so reich mit Blutgefässen in der Höhle des Haarsackes versehen sind.

Die Talgdrüsen sind an Grösse und Anzahl bei den einzelnen Thierarten verschieden, stimmen jedoch in Bezug auf ihren Bau vollkommen mit den wohlbekannten ihnen entsprechenden Drüsen bei dem Menschen überein. Gegenbaur[1]) beschreibt und bildet sie ab als eingebettet in der äusseren Wurzelscheide, doch macht er dabei die Bemerkung, dass sie sich auch über die Wurzelscheide hinaus und in die Bindegewebelage erstrecken könnten. Ich für meinen Theil habe sie immer liegen gefunden oberhalb der äusseren Wurzelscheide in dem obersten Theile der Haarsackswandung oder ausserhalb derselben hervortretend. In derselben Weise werden sie auch von Leydig[2]) abgebildet.

In dem gewöhnlichen Haare wird die transversale Lage des Haarsackes von einer homogenen Membran bekleidet, Glashaut Kölliker, auf deren inneren Fläche die äusseren Zellen der Wurzelscheide unmittelbar ruhen. Sie zeigt sich folglich wie eine, wenn auch ungewöhnlich entwickelte, Basalmembran für den genannten rein epithelialen Theil und wird von Kölliker auf den eigentlichen Haarsack hingeführt, dessen dritte innerste Lage sie dann ausmacht. An dem menschlichen Haare erstreckt sie sich von dem Grunde des Haarsackes gleich hoch hinauf wie die innere Wurzelscheide und vielleicht noch höher. In den Tasthaaren kommt die homogene Membran vergleichsweise eben so stark entwickelt vor, zeigt jedoch in Bezug auf die Lage die bedeutende Verschiedenheit, dass sie sich nicht an die transversale Lage des Haarsackes anschliesst, sondern ihrer fast ganzen Ausdehnung entlang davon getrennt ist und nur

1) l. c. S. 22.
2) l. c. Taf. XIX figg. 3 u. 4.
3) Kölliker, Handbuch der Gewebelehre u. s. w. 4. Aufl. 1863. S. 152.

nach oben hin mit ihr zusammenhängt. Hierdurch entsteht zwischen beiden ein offener Raum, welcher gerade von dem für die Tasthaare charakteristischen kavernösen und Nerven-Apparate eingenommen wird. In Bezug auf die Ausdehnung der fraglichen Membran in den Tasthaaren behauptet Gegenbaur[1], dass sie oben mit deutlichem freien Rande ende, und auf der Zeichnung lässt er dieses geschehen in gleicher Höhe mit der äusseren Wurzelscheide. Einen solchen freien Rand habe ich niemals finden können, sondern glaubte im Gegentheile an Längsschnitten der Haarfollikel deutlich beobachten zu können, dass die homogene Membran aufwärts in gleicher Höhe mit der äusseren Wurzelscheide wohl verdünnt werde, doch gleichwohl direkt sich in die äusserste Lage der Lederhaut fortsetze, welche, wie bekannt, bei getrockneten Präparaten sehr oft in Form eines feinen homogenen Randes hervortritt. Einigemal habe ich bei glücklichen Schnitten selbst sie zusammenhängen gesehen mit der bekleidenden Membran der Talgdrüsen. Aus diesen Gründen nehme ich an, dass man auch bei den Tasthaaren berechtigt sei die homogene Membran zu dem eigentlichen Haarsack zu rechnen.

Sowohl bei den gewöhnlichen Haaren des Menschen wie bei den Tasthaaren der Thiere beschreiben alle neuern Verfasser eine Streifung aussen auf oder in der homogenen Membran. Auf der äusseren Fläche dieser Membran findet Gegenbaur[2] »Kernfasern« aufgelagert, die bei der Ratte parallel in regelmässigen Abständen verlaufen und durch einzelne Queranastomosen verbunden sind. Bei dem Kaninchen wird deren Verlauf schon mehr unregelmässig und beim Schweine und Rinde endlich liegen die feinen Kernfasern sehr dicht beieinander, ohne ausser ihrem Längsverlaufe irgend eine regelmässige Anordnung zu zeigen. Leydig[3] erwähnt hier nur »scharfe Linien, welche von feinen, elastischen, dicht beisammen liegenden Fasern herrühren«. Bei dem Menschen spricht Kölliker[4] hier von »sehr feinen, ziemlich dichtstehenden, gleichlaufenden Längslinien«, ohne gleichwohl deren Lage näher anzugeben, weshalb es schwer ist festzustellen, in welchem Maasse sie als identisch mit den oben genannten Linien angesehen werden können, um so mehr, als

1) l. c. S. 21.
2) l. c. S. 21.
3) l. c. S. 717.
4) l. c. S. 152.

er kurz darauf angibt, dass die homogene Membran isolirt aussen sich glatt zeige. Die innere Fläche derselben Membran beschreibt Kölliker[1]) bei dem Menschen als mit zarteren oder dickeren queren, oft zusammenhängenden Linien bedeckt, die der Glashaut wie aufgesetzt sind und leistenförmig vorragende Züge bilden, während nach Henle[2]) in der Dicke der Membran eine einfache Schicht ringförmiger, cylindrischer Fasern von parallelen oder spitzwinklich anastomosirendem Verlauf eingeschlossen ist.

Obgleich ich keine besonderen Untersuchungen in dieser Beziehung angestellt habe, so kann ich doch erwähnen, dass man in den meisten Fällen auf der äusseren Fläche der homogenen Membran eine longitudinale Streifung feiner dichtstehender parallelen Linien beobachten kann, welche besonders obenhin gegen den Hals des Follikels hervortreten. Bei der Ratte sind sie an dieser Stelle besonders deutlich, convergiren mit ihren oberen Enden und zeigen oft zugleich eine von den Seiten ausgehende transversale feine Streifung, oder, wie es scheint, eher eine Faltung von der Substanz der Membran selbst. Diese Linien scheinen, wenigstens etwas tiefer unten in den Follikel, wirklich von auf der Membran liegenden feinen Fasern herzurühren, denn, obgleich es mir nicht wie Gegenbaur geglückt ist, an Querschnitten deutliche Anzeichen derselben zu finden, so habe ich doch nicht selten an zerrissenen Rändern der homogenen Membran feine ausserhalb derselben hervortretende Fasern beobachtet, welche sowohl in Lage als Richtung der angeführten Streifung entsprachen. Linien auf der Innenseite der homogenen Membran, entsprechend den von Kölliker bei dem Menschen beschriebenen, werden weder von Gegenbaur noch von Leydig erwähnt eben so wenig wie Ringfasern in der Substanz der Membran. Für meinen Theil habe ich nicht selten, besonders nach einer Maceration in verschiedenen Flüssigkeiten, auf der Binnenseite der Membran querlaufende parallele Striche beobachtet, welche in ziemlich gleichen Abständen durch andere, in entgegengesetzter Richtung gehende, verbunden waren, wodurch die Membran den Anschein gewann, als sei sie aus Zellen zusammengesetzt. Da indessen diese Zeichnung in anderen Fällen fehlt, so habe ich sie für

---

1) l. c. S. 153.

2) Henle, Handbuch der system. Anatomie des Menschen Bd. 2. Lief. 1. 1862. S. 17.

einen Abdruck von der an der äusseren Wurzelscheide stets ganz fest anliegenden äussersten Zellenlage gehalten und somit eher bestehend aus einer Kittsubstanz als zur Membran selbst gehörend. Ein bemerkenswerther Umstand ist es, dass die homogene Membran so leicht sich in der Querrichtung zerreissen lässt, welches für die Richtigkeit der oben angeführten Behauptung Henle's zu sprechen scheint.

In derselben Weise wie bei den gewöhnlichen Haarfollikeln ist auch bei den Tasthaaren die innere Fläche der homogenen Membran unmittelbar von der äusseren Wurzelscheide bekleidet. Am stärksten ist diese entwickelt in gleicher Höhe mit dem Ringsinus und dem oberen Theile des spongiösen Körpers und erreicht hier eine Mächtigkeit von 6—8 Zellenlagen oder mehr. Nach unten hin nimmt sie allmälig an Dicke ab, bis sie sich auf dem Bulbus verliert, aufwärts dagegen zieht sie sich ziemlich rasch einwärts zusammen, so dass sie bei dem Follikelhalse nur aus 3—4 Lagen besteht. Auf Längsschnitten ist es leicht zu erkennen, wie sie hier direkt mit dem sie umgebenden stratum Malpighii der Oberhaut zusammenhängt, als dessen Verlängerung in den Haarsack hinein sie somit muss angesehen werden. Mit dem stratum Malpighii stimmt sie übrigens nicht nur durch ihre gegen die Umgebung stark abstechende gelbliche Farbe überein, sondern auch durch die Form und Stellung ihrer äussersten Zellen, welche cylindrisch sind und in der Längenrichtung winkelrecht oder schräg gegen die Membran gestellt. Von dem Follikelhalse und ein Stück abwärts auf dem dicksten Theile der Wurzelscheide zeichnen sich die letztgenannten Zellen durch ihre ansehnliche Länge aus, bei der Ratte sind sie hier auch pigmentirt. Eine besonders interessante Thatsache ist es, dass ich in der äusseren Wurzelscheide bei den Thieren, welche ich in Bezug hierauf untersucht habe, nämlich Hunden, Katzen und Ratten, die von Max Schultze[1]) entdeckten »Stachel- und Riffzellen« gefunden habe. Nach Schultze gehören diese Zellen, soweit bis jetzt bekannt ist, zu den tieferen Lagen der Epidermis und der dicken Plattenepithelien ebenso wie entsprechender pathologischer Bildungen. Ihr Vorkommen in der äusseren Wurzelscheide gibt somit einen ferneren Beweis für deren Identität mit dem stratum Malpighii. Deutlich

---

1) Max Schultze: Stachel und Riffzellen u. s. w. Centralblatt f. d. medizinischen Wissensch. 1864. No. 12 und Virchow's Archiv Bd. 30 S. 260.

habe ich diese Zellen in den zunächst an die homogene Membran stossenden Lagen wahrgenommen, kann jedoch nicht angeben, wie weit sie nach Innen zu vorkommen.

Die demnächst folgende innere Wurzelscheide ist in ihren beiden Lagen so genau nicht nur bei dem Menschen, sondern auch von Gegenbaur[1]) in den Tasthaaren untersucht worden, dass ich hier nur die Frage über ihre Ausdehnung und ihr Verhalten in ihrem oberen Theile aufnehmen will. Sehr oft findet man diesen Theil der inneren Wurzelscheide in dem Tasthaare undeutlich oder ganz und gar mangelhaft, wohingegen sie tiefer unten in dem Follikel gewöhnlich in allen ihren Theilen gut entwickelt ist. Wo man die innere Wurzelscheide vollständig antrifft, da sieht man dieselbe an dem Follikelhalse scharf abgeschnitten mit dem scharfen Rande bis an den Haarschaft enden. So findet man sie auch beschrieben und abgebildet bei Gegenbaur und Kölliker, welcher Letztere sie bei dem Menschen für eine selbständig zum Haare gehörende Lage ansieht. Henle[2]) dagegen sieht in demselben eine Modification der Hornschicht der Oberhaut, welche nach seiner Angabe sich gegen den Hals des Follikels bis zu einer einfachen Lage platter Schüppchen verdünnt, um danach unter veränderter Form als innere Wurzelscheide plötzlich an Mächtigkeit wieder zuzunehmen. Ohne dass ich mich weiter auf die Frage über die Identität der genannten Theile einlassen will, erlaube ich mir nur in Bezug auf die Tasthaare die Thatsache anzuführen, dass man nicht selten Gelegenheit hat zu sehen, wie die Hornlage in der Follikelmündung mit Beibehaltung ihrer leicht wieder zu erkennenden Schuppen gegen den Hals zu allmälig verdünnt wird und schliesslich um den Haarschaft herum aufhört ohne irgend einen bemerkbaren Zusammenhang mit der inneren Wurzelscheide.

In Bezug auf das Haar selbst habe ich gerade nicht eingehende Untersuchungen angestellt und beschränke mich deshalb nur auf einige Worte über die besonderen Lagen im Haarbulbus und im Zusammenhange damit auch über die Haarpapille. — Wie bekannt geht die Papille von der Mitte des Haarsacksgrundes aus mit einem schmaleren Theile oder Halse, welcher rund herum von einem abgerundeten Falze umgeben ist. Aufwärts läuft sie nach den

1) l. c. S. 22.
2) l. c. S. 18.

Wahrnehmungen, welche ich nach glücklichen Schnitten sowohl bei Katzen, als auch bei Ratten gemacht habe, in eine lange schmale Spitze aus, die sich hinauf in den Markkanal des Haares bis mindestens auf einen vierten Theil der Follikelhöhe ausdehnt, ohne dass es mir jedoch geglückt ist zu sehen, wie und wo sie hier ihr Ende findet. Bei Ottern und Seehunden reicht sie nach Leydig weit höher in den Haarschaft hinauf. Mit dieser Frage über die Länge der Papille steht die bei verschiedenen Verfassern vorkommende Behauptung über das Vorhandensein von Blut oder einer blutigen Flüssigkeit in dem unteren Theile des Haarschaftes im engsten Zusammenhange. So sollte nach Heusinger[1]) die Papille in dem Tasthaare des Hundes sich in den Haarschaft hinauf bis mehrere Linien hoch über die Oberfläche der Haut erstrecken, so dass sie, dicht an der Haut abgeschnitten, gewöhnlich einen Tropfen Blut absonderte. Diese Behauptung hat Bendz[2]) gleichwohl in keiner Beziehung bestätigt gefunden. Indessen führt Leydig[3]) doch an, dass er bei herauspräparirten Tasthaaren von Hunden eine blutähnliche Flüssigkeit eine Strecke weit im Haarmarke gefunden habe und Gegenbaur[4]) behauptet auch, dass er mehrmals in Tasthaaren von Katzen (an Stelle der sonst vorhandenen Luft) eine rothgefärbte Flüssigkeit gesehen habe, welche den Markkanal ganze Strecken weit erfüllte. Er fügt jedoch hinzu, dass diese Flüssigkeit keine geformte Bestandtheile enthalten habe. Man muss deshalb annehmen, dass in gewissen Fällen ein rothgefärbtes Plasma von der Papille in die Marksubstanz des Haares hinaufsteige, in anderen Fällen möchte wiederum wohl die fragliche Erscheinung auf einem Blutaustritt aus den an dem obersten Theile der Papille gelegenen Kapillarschlingen beruhen. Obwohl ich selbst niemals eine derartige rothgefärbte Flüssigkeit von der einen oder anderen Beschaffenheit in der Marksubstanz des Haares angetroffen habe, fühle ich mich doch veranlasst, das Letztere oder eine hier leicht eintretende Ergiessung anzunehmen, nach dem was ich bei injicirten Präparaten einer jungen Katze wahrgenommen habe. Hier habe ich nämlich

1) Heusinger, C. F., System der Histologie. I. Thl. 4. Eisenach 1822. S. 185.

2) Bendz: Haandbog i den Almindelige Anatomie. Kjöbenh. 1846—47. S. 177.

3) l. c. S. 686 Not. 1.

4) l. c. S. 17.

gefunden, dass die Injektionsmasse bald in Form von feinen Streifen, bald mehr zerstreut ausgebreitet, mehr oder minder hoch in die Marksubstanz des Haares vordringt. Das natürliche Verhalten tritt indessen deutlich an dergleichen Präparaten hervor, wo die Injektion auf die Papille selbst beschränkt ist, indem hier ein oder zuweilen zwei ausgezogene Kapillarschlingen mit fast parallelen Zweigen sich ganz hinauf nach der Spitze der Papille erstrecken. Nerven habe ich ebensowenig, als frühere Untersucher, in der Papille entdecken können.

Die Papille wird auf allen Seiten von dem Haarbulbus umschlossen, welcher in dem Falz um den Papillenhals aus einer gleichförmigen Zellenmasse besteht, die erst in der Nähe des grössten Umfanges der Papille eine deutliche Auseinandertheilung in verschiedene Schichten (strata) zeigt. Bei der Ratte (vergl. Fig 3) zeigen sich diese, wenn man in der Richtung von innen nach aussen unmittelbar bis an das Pigment einer der Länge nach gestreiften Lage vorgeht, welche, wie man leicht findet, die Corticalsubstanz des Haarschaftes ist. Diese wird durch eine feine Linie von einer ziemlich dicken Lage länglicher Zellen geschieden, welche im Anfange in der Quere stehen, dann sich immer mehr aufwärts richten und sich an die Corticalsubstanz des Haares anlegen, zugleich auch deutlich wie cuticula des Haarschaftes erscheinen. Ausserhalb derselben liegt eine sehr dünne und undeutlich begränzte Lage, welche vermuthlich der Anfang zu der cuticula der Wurzelscheide ist. Demnächst folgt die deutliche und sehr ansehnliche Lage, welche sich in die innere Wurzelscheide hinauf fortsetzt. Dieselbe ist von der äusseren Wurzelscheide umschlossen, die hier bloss aus einer einzigen Lage nach unten sehr kleiner Zellen besteht und nach aussen hin von der homogenen Membran begränzt wird, welche hier bis auf die äusserste Dünnheit reduzirt wird und im Längsschnitt sich als eine feine Linie zeigt. Unterhalb kann man dieselbe nicht weiter auffinden. Den spongiösen Körper kann man endlich verfolgen bis ganz hinab gegen den Grund des Haarsackes zwischen der Zellenmasse in der Falzung und der inneren Fläche des Haarsackes.

Nach diesen Bemerkungen über die Theile, welche die Tasthaare gemeinsam mit den gewöhnlichen Haaren haben, gehen wir zu einer etwas ausführlicheren Darstellung des spongiösen Körpers und der Nerven über.

Was den spongiösen Körper anbetrifft, so können wir die älteren Untersuchungen über diesen Gegenstand unbeachtet lassen, da sie sich eigentlich auf die Wahrnehmung beschränken, dass bei einem Einschnitte in den Haarfollikel so reichlich sich Blut ergiesse, dass es scheine, als habe es sich in eine Höhlung ergossen [1]). Wichtiger dagegen und im Verhältnisse zu den damaligen Untersuchungsmethoden bedeutsam sind die Ergebnisse, zu welchen Gaultier[2]), Heusinger und Eble[3]) gelangten. Nach Heusinger findet man innerhalb des eigentlichen Haarsackes und ganz nahe an denselben eine dünne gelbe oder rothe Flüssigkeit, welche oft an Farbe dem hellrothen Blute gleicht. Darauf liegt weiter nach innen eine zähe, schwammige oder fleischartige rothe Substanz (la gaine bei Gaultier), welche in der Mitte des Follikels am dicksten ist. Sie ist an ihrem oberen und unteren Ende fast mit dem Haare vereinigt, in der Mitte liegt sie aber nur locker um dasselbe herum. Diese Substanz, in welcher bei den Seehunden eine Menge Blutgefässe sich fortziehen, kann man ohne Zweifel sowohl dem spongiösen Körper wie der äusseren Wurzelscheide entsprechend ansehen. Die innere Fläche des Haarsackes nimmt Heusinger als allenthalben frei und glatt an. Inwiefern er die genannte, in den Haarsack eingeschlossene Flüssigkeit für Blut hält oder annimmt, dass das Blut des Follikels nur in wirklichen Gefässen enthalten sei, ist schwer zu entscheiden. Eble[4]) liefert eine ins Einzelne gehende Beschreibung der Tasthaarfollikel bei Ochsen. Wenn man den eigentlichen Haarsack öffnet, so findet man denselben mit seiner inneren Fläche an einen etwas durchsichtigen, sulzartigen, verschiedentlich rothgefärbten, Körper stossen, mit welchem er durch sehr feine unzählbare Querfädchen zusammenhängt. Trennt man aber auch diese Fäden ab, so quillt ein dünnflüssiges Blut heraus, nach dessen Abfluss der ganze Theil ein weissgelbliches Ansehen bekommt. Es scheint jedoch, als wenn diese blutige Flüssigkeit sich nicht allein in den als Querfäden erscheinenden Haargefässen, sondern auch in den Zwischenräumen derselben befinde. Sind alle jene Fäden getrennt, so kann man den ganzen oben erwähnten Körper (corpus conicum nach Gaultier)

1) Vergl. Haller, Elem. Physiol. Tom. V. Lausanne 1769. S. 34.

2) Gaultier, Journal de physique. T. 90. 1820 kenne ich nur nach Citaten bei Heusinger und Bendz.

3) l. c. S. 183 u. 176 u. w.

4) l. c. S. 65 u. w.

sammt dem darin steckenden Anfang des Haares abgesondert herausbringen. In einer Anmerkung behauptet er durch spätere Untersuchungen gefunden zu haben, dass die zahlreichen Fäden zwischen der inneren Fläche des Balgs und dem konischen Körper wenigstens der Mehrzahl nach Gefässe seien, und weiter, dass nur dann aus dem aufgeschnittenen Balge eine blutige Flüssigkeit sich ergiesse, wenn dabei einige dieser Fäden zerschnitten werden. Er nimmt somit hierdurch seine kurz vorher oben geäusserte richtige Vermuthung, dass sich das Blut auch frei in den Zwischenräumen zwischen den Fäden vorfinden solle, wieder zurück. Uebrigens bestehe der konische Körper aus einer griesigen, gallertartigen Masse, welche nichts anderes wäre, als eine während des Lebens von der inneren Oberfläche des Balges secernirte Flüssigkeit, welche nach dem Tode coagulirt.

Gurlt[1]) gibt auch an, dass sich immer Blut in den Tasthaaren befinde zwischen dem eigentlichen Haarsacke und den innerhalb belegenen Theilen, oder, wie er sie mit einem gemeinsamen Namen bezeichnet: dem inneren Sacke, welche beide Theile durch viele Fädchen (Gefässe) verbunden sind und dass dieses Blut frei ergossen zu sein scheine. — Bendz[2]), welcher im Zusammenhange mit den gewöhnlichen Haaren auch den Tasthaaren einige Aufmerksamkeit zugewandt hat, macht die Bemerkung, dass bei Durchschneidung des frischen Haarfollikels bei Seehunden eine unbedeutende Menge Blut aus einem ringförmigen Blutsinus hervorfliesse, welcher zwischen der äusseren festen, weissen Haut und der Wurzelscheide ungefähr auf der Mitte des Sackes liege[3]). Bendz erwähnt ferner die von Anderen bei verschiedenen Thieren gefundenen fadenförmigen Verlängerungen von der einen Wand im Blutsinus zu der anderen, auch Eble's Auffassung dieser Thatsache, fügt jedoch mit Bezug

1) Gurlt: Untersuchungen über die hornigen Gebilde des Menschen und der Haussäugethiere. Müller's Archiv 1862. S. 272.

2) l. c. S. 178.

3) Bendz ist indessen nicht der Erste, welcher diesen ringförmigen Blutsinus in den Follikeln der Tasthaare erwähnt, denn bei Heusinger (l. c. S. 178. Not. 2.) wird nach dem Verfasser des Artik. Haar in Rees Cyclopaedie (Lawrence?) ein Citat angeführt, worin in Bezug auf die Tasthaare bei Seehunden sowohl der schwammige Körper (spongy investment), als auch der Ringsinus erwähnt wird (a large circular cell, which is filled by a clotted fibrous mass, resembling a coagulum of blood).

darauf hinzu, dass »man bei dem Hunde die genannten Verlängerungen nicht vorfinde, die Blutmasse sei zugleich zu bedeutend, um aus ein Paar verletzten Capillaren hervorfliessen zu können, und bei kleineren Thieren, deren Haarfollikel durchsichtig sind, sehe man deutlich, dass das Blut sich in einer begränzten Höhlung und nicht in einigen wenigen Capillaren befinde«.

Von den beiden neuesten Verfassern über diesen Gegenstand, Gegenbaur und Leydig, scheint der Erstere[1]) überwiegend seine Aufmerksamkeit dem Verhalten der Nerven zugewandt und mehr im Vorbeigehen den spongiösen Körper untersucht zu haben. Er erwähnt nichts über den ringförmigen Blutsinus, welcher sich doch bei den von ihm untersuchten Thieren findet, noch über den bluthaltenden cavernösen Raum, sondern lässt, wie auch die Figur zeigt, den ganzen Mittelraum zwischen dem eigentlichen Haarsacke und der homogenen Membran durch eine Bindegewebsschicht eingenommen sein, welche im Allgemeinen aus einem weitmaschigen Netze eines wellenförmig verlaufenden Bindegewebes bestehe, dem reichliche geschlängelte Kernfasern beigemengt seien. »Wichtig für die Funktion der Tasthaare und deren Deutung ist diese Schicht besonders wegen der in ihr stattfindenden Ausbreitung der Gefässe und Nerven des Tasthaares. Beide treten zusammen meist etwas seitlich an den Haarbalg und durchsetzen dessen Faserschichten ohne an sie Zweige abzugeben. Die Gefässe verästeln sich dann in der Bindegewebslamelle zu einem reichen Netze, auf dessen Dichtheit man schon aus der intensiven rothen Farbe, welche ein Haarbalg bis zum oberen Ende der Bindegewebslamelle besitzt, schliessen kann. Beim Einschneiden in einen Follikel tritt ein ziemlicher Tropfen Blutes heraus.« — Gegenbaur scheint somit anzunehmen, dass die ganze Blutmenge des Tasthaarfollikels nur in den Gefässen »dieser gefässhaltigen Schichte« enthalten sei, welche er mit den von Eble beschriebenen Querfasern identificirt, sowie Eble's gallertartigen, fleischähnelnden Körper mit der äusseren Wurzelscheide.

Genau und ins Einzelne gehend ist die Beschreibung, welche Leydig[2]) von dem spongiösen Körper gibt. Er ist der Erste, welcher bestimmt angibt, dass die Tasthaare aller Säugethiere zwischen der inneren Fläche des Balges und der äusseren Wurzelscheide des

1) l. c. S. 18.
2) l. c. S. 714. u. w.

Haares ein aus Bindegewebsbalken bestehendes Alveolargewebe besitzen, dessen Hohlgänge venöse Bluträume sind. Am Halse des Follikels findet sich ausserdem gewöhnlich noch ein besonderer venöser Ringsinus. Bei dem Hunde, dessen Tasthaarfollikel er am vollständigsten beschreibt, zeigt es sich, dass der Haarsack nach innen sich in das genannte Alveolargewebe fortsetzt, dessen Maschenräume mit Blut gefüllt sind, und dass das Balkenwerk dieser Blutcavernen weiter nach innen, d. h. um die Wurzelscheiden des Haares herum, zu einer kompakten, nicht mehr durchbrochenen Schicht zusammentritt, in der die Endausbreitung der Nerven, sowie zahlreiche eigentliche Blutgefässe, selbständige Kapillaren, liegen. Die Grösse der Blutcavernen nimmt von aussen immer mehr gegen diese kompakte Endschicht der spongiösen Substanz ab, welche wiederum nach innen von der homogenen Membran begränzt wird. In Bezug auf die feinere Beschaffenheit der spongiösen Substanz ergibt sich, dass sie als continuirliche Fortsetzung des Balges bindegewebig ist, wobei durch die Balken zahlreiche elastische Fasern sich schlängeln. In den Balken selber haben die Bindegewebskörper mehr das Aussehen von Kernen, während in der nicht mehr von Bluträumen durchbrochenen inneren Lage sie deutlich den Charakter strahliger Zellen besitzen. Die Vertheilung der Gefässe in dem schwammigen Körper beschreibt Leydig beim Rind so, dass die den Balg durchbohrenden Arterien innerhalb der Balken der schwammigen Partie zur inneren nicht durchlöcherten Schicht gehen, dort in ziemlich zahlreiche Kapillaren sich auflösen, welche aber alsdann nicht in eigentliche Venen übergehen, sondern sich in die Bluträume der Schwammschicht, so wie in den Ringsinus öffnen. Was den letzteren anbetrifft, so liegt er tiefer als beim Hunde und ist ringsum von einer homogenen Haut begränzt. Beim Rind sowohl wie beim Pferde gibt Leydig ausserdem als Auskleidung der Bluträume ein zartes Epithel an, welches er nicht beim Hunde bemerkt hat. Die übrigen untersuchten Thiere zeigen im Ganzen wesentlich dieselbe Anordnung der betreffenden Theile.

Von Léon Vaillant[1]) gibt es ausserdem eine kurze Mittheilung über das Vorkommen eines Blutsinus in dem Tasthaare der Säugethiere. Die von ihm gegebene Beschreibung ist gewiss in

---

1) Léon Vaillant: Note sur les poils du tact des mammifères etc. Gaz. med. de Paris 1862. S. 472.

ihren Grundzügen richtig, doch weder in Bezug auf Vollständigkeit, noch Genauigkeit mit der von Leydig zu vergleichen, weshalb es wohl als genügend angesehen werden kann, sie erwähnt zu haben.

Wie oben gezeigt worden ist, bemerkt man schon mit blossen Augen, wie der blutgefüllte Raum innerhalb des Haarsackes aus einer unteren, längeren und schmaleren, fast cylindrischen Abtheilung besteht und aus einer oberen, kürzeren, jedoch weiteren, dem Ringsinus, welcher bei den von mir untersuchten Thieren bis an den Follikelhals hinaufreicht, jedoch auch seine Lage viel tiefer unten, wie bei den Seehunden, haben kann, wo er ungefähr mitten auf der Follikelhöhe sich befindet. Die untere Abtheilung wird vollständig von dem durch Leydig angeführten Alveolargewebe eingenommen, während der Ringsinus eine rund um das Haar herum gehende freie Höhlung bildet. Soweit ich finden konnte, ist die von Leydig gegebene Beschreibung des Alveolargewebes der unteren Abtheilung vollkommen der Natur getreu. Dasselbe geht von der inneren Fläche des Haarsackes in Form von feineren oder gröberen Balken eines durchsichtigen, feinstreifigen, oft fast homogenen Bindegewebes aus, mit eingestreuten länglichen Kernen und mit feinen, longitudinalverlaufenden elastischen Fasern. Diese Balken werden nach innen zu immer gröber und dichter und vereinigen sich mannigfaltig miteinander, wodurch sich ein System von unter sich in Verbindung stehenden Alveolen bildet, welche nach innen zu an Grösse verlieren. Am weitesten nach innen fliessen die genannten Balken zu einer zusammenhängenden kompakten Lage zusammen, welche rund herum die äussere Fläche der homogenen Membran bekleidet und ebenso beschaffene Kerne als die Balken enthält. Im Allgemeinen durchbohren die Gefässe und Nerven den Haarsack im ungefähr unteren Drittheile von dessen Höhe und gehen, umgeben von demselben Bindegewebe, welches die Balken bildet, oder, wenn man so will, eingeschlossen in gröbere Balken, aufwärts und einwärts der kompakten Lage zu, in welcher sie sich demnächst ausbreiten und weiter fortlaufen, die Nerven nach oben und die Arterien sowohl nach unten als hauptsächlich nach oben.

Eine mit Bezug auf die Thätigkeit des Organs unzweifelhaft sehr wichtige Frage ist, wie der spongiöse Körper sich bei dem Uebergange zu dem Ringsinus verhalte. An Längsschnitten kann man leicht sehen, dass die kompakte Lage mit derselben beziehungsweisen Richtung, nur etwas verdünnt, sich in den Ringsinus hinauf

fortsetzt. Das eigentliche Alveolargewebe endet dagegen mit einer gegen den Ringsinus zu concaven Gränze, welche von der hier gewöhnlich befindlichen knieförmigen Verdickung der transversalen Lage des Haarsackes sich schräg nach innen und unten von der kompakten Lage erstreckt. In den meisten Fällen, wenn nicht stets, liegt diese Gränze nicht rund herum in derselben Höhe, sondern senkt sich mit einem Theile ihres Umfanges tiefer hinab. Soweit ich finden konnte, entspricht diese Niedersenkung der Concavität der Biegung des Haarschaftes selbst und liegt folglich nach innen oder nach innen und hinten zu. Findet nun eine offene Verbindung statt zwischen dem Alveolargewebe und dem Ringsinus? Leydig äussert nichts Besonderes hierüber, sondern erwähnt blos im Vorbeigehen mit Bezug auf die Maus, dass der Ringsinus durch eine schmale Substanzbrücke von dem spongiösen Körper getrennt sei. Dass es eine solche Verbindung gibt, wenigstens bei einem Theile des Umfanges, kann man leicht unmittelbar beobachten. Dagegen ist es mir oft vorgekommen, obwohl man natürlich auf nicht geringe Schwierigkeiten stösst es nachzuweisen, als ständen auf den höchst belegenen Theilen des spongiösen Körpers die Alveolen nicht in offener Verbindung mit dem Ringsinus, sondern wären von demselben durch eine von zusammengewachsenen Balken gebildete wirkliche Substanz brücke abgesondert.

Wie bereits angeführt ist, steigt die kompakte Lage des schwammigen Körpers in den Ringsinus hinauf, dessen innere Begränzung sie somit bildet. In ihrem unteren Theile ist diese Lage hier ziemlich dünn, beginnt jedoch etwas oberhalb der Mitte oder bei dem oberen Drittel allmälig an Dicke zuzunehmen und diese Verdickung setzt sich nach oben fort, bis sie auf den obersten Theil des Haarsackes trifft und sich mit demselben vereinigt. Im Längsdurchschnitte zeigt dieser Theil somit eine Keilform mit der Spitze nach unten und die breite schräg abgeschnittene Basis nach oben und aussen. Man könnte ihn also den konischen Körper benennen. Der untere dünne Theil der kompakten Lage besteht aus dem vorhergenannten mehr homogenen Bindegewebe mit zahlreichen gelblichen Kernen, welche hier jedoch im Allgemeinen eine mehr abgerundete Form zeigen und einwärts gegen die homogene Membran zu ziemlich klein werden. Die freie Fläche ist entweder fast eben wie bei der Ratte oder zeigt doch nur geringere Unebenheiten. Der konische Körper besteht vorzugsweise aus demselben Gewebe, jedoch mit verschiedenen Mo-

difikationen. So sieht man an Längsschnitten zunächst der homogenen Membran constant eine hellere, mehr durchsichtige Lage, welche sich bis in den Follikelhals hinein erstreckt. Bei der Untersuchung von der Fläche findet man, dass diese hellere Lage weit weniger und blassere Kerne enthält und, wenigstens bei der Ratte, in ihrem obersten Theile einen transversalen Verlauf mit in derselben Richtung gestellten schmalen, langgezogenen Kernen zeigt, welche beiden Umstände wohl auf einen hier stattfindenden Uebergang in die transversale Lage des Haarsackes hindeuten. Auf der äusseren Fläche des konischen Körpers treten wieder Balken und Alveolen von wesentlich derselben Beschaffenheit auf, wie in der unteren Abtheilung des Haarfollikels. Die unteren und längsten Balken sind jedoch nach oben gerichtet, so dass der Ringsinus unmittelbar einen ansehnlichen Theil auch des konischen Körpers umgibt und nach oben mit einem abgerundeten Winkel schliesst, in welchem sich das System kleinerer Alveolen öffnet, welches den grösseren Theil der Basis des konischen Körpers zu durchdringen scheint. Die Balken und Alveolen sind indessen bei verschiedenen Thieren sehr ungleich. So zeigt der konische Körper bei der Ratte an dem unteren Theile seines Umfanges eine fast ebene Fläche, obwohl mit mehr langgezogenen und longitudinal gestellten Kernen, und höher hinauf ziemlich kleine Alveolen, begränzt von kurzen dicken Balken, während bei Ochsen, Kaninchen und (wie Leydig Fig. 4 zeichnet) auch bei Hunden die Balken und Alveolen hier stark entwickelt sind.

Im unteren Theile des Ringsinus kommt eine sehr merkwürdige Bildung vor, deren Vorhandensein zuerst von Leydig angedeutet worden ist[1]). Unter der Ueberschrift: »Eigenthümlicher Wulst der Wurzelscheiden« beschreibt er diese wie eine »Verdickung oder einen ringförmigen Wulst, welcher am oberen Drittel der Haarwurzel sich findet«. Man sieht bei der Maus, »wie die geradlinig aufsteigende Wurzelscheide plötzlich zu beiden Seiten mit starker Wölbung vorspringt, woran sich jedoch nur die äussere Wurzelscheide betheiligt. Nicht selten sind an dieser Stelle die Zellen der Wurzelscheide mit dunkelkörnigem Inhalt erfüllt, so dass der Wulst im Längenschnitt gesehen sich fast so ausnimmt, wie ein aus der Wurzelscheide hervorknospendes Talgdrüsenpaar«. Diese Beschreibung, mit der Figur zu-

1) l. c. S 687.

sammengestellt, entspricht dem Bilde, welches man gewinnt, wenn man einen durchsichtigen Haarfollikel in toto betrachtet. Eine nähere Untersuchung weist indessen nach, dass es eine solche Verdickung der äusseren Wurzelscheide an der fraglichen Stelle nicht gibt. Dagegen sieht man an dem Längsschnitte durch den Follikel auf einer oder beiden Seiten den Durchschnitt eines eigenthümlichen länglichen Körpers, welcher den untersten Theil des Ringsinus einnimmt. Nach oben gegen die Höhlung des Ringsinus ist derselbe stark konvex, nach innen ist er gerade und stösst an die kompakte Lage, mit welcher er in seinem oberen Theile durch einen schmaleren Theil oder Stiel zusammenhängt. Die äussere Seite ist auch konvex, gebogen nach der Form des gegenüber liegenden Theiles der äusseren Wand des Ringsinus und vereinigt sich abwärts unter einem abgerundet spitzen Winkel mit der inneren. Dieser Körper, für welchen ich in Ermangelung eines besseren Namens die Bezeichnung Leydig's »Ringwulst« beibehalten will, hängt somit seiner ganzen Länge nach an einem dünneren Theile, oder (wie es sich im Längsschnitte zeigt) an einem Stiele in den tiefsten Theil des Ringsinus hinab, welchen er ziemlich genau ausfüllt, gerade über der Ausmündung des Alveolargewebes in den Ringsinus. Querschnitte zeigen indessen, dass der Ringwulst niemals einen vollständigen Ring bildet, sondern nur einen Theil des Haarumfanges umgibt, höchstens zwei Drittel bis drei Viertel, welches erklärlich macht, warum derselbe an Längsschnitten oft auf der einen Seite fehlt. Es gelingt auch ziemlich leicht den Ringwulst vollständig zu isoliren, wobei man sich noch leichter überzeugen kann von dessen Halbmondsform, und zugleich auch wahrnimmt, dass sein unterer Rand ziemlich rasch sich nach oben gegen die rundlich abgestumpften Enden zu hinbiegt. Soweit ich finden konnte, umfasst der Ringwulst den von der Hautfläche abgewendeten Theil des Haarumfanges, somit dieselbe Seite, wo wir die oben beschriebene Einsenkung des Ringsinusgrundes gefunden haben, und in der That stimmt der Ringwulst seiner Form nach ganz gut mit der genannten Vertiefung überein.

In Bezug auf die Structur stimmt der Ringwulst mit der kompakten Lage des spongiösen Körpers überein, von welcher man ihn ohne Zweifel als eine Fortsetzung betrachten kann. Wir finden hier wieder dasselbe fast homogene Bindegewebe mit zahlreichen, im Inneren kleinen und runden Kernen, zugleich auch elastische

Fasern in der Richtung vom Stiele nach der Peripherie, besonders nach dem unteren Ende zu. Gefässe habe ich hier nicht gefunden, wenn es auch wohl möglich ist, dass solche von der kompakten Lage eindringen können. Nerven habe ich ebenso vergebens in dem Ringwulste gesucht, denn diejenigen, welche man nicht selten auf dessen inneren Fläche antrifft, scheinen alle vorbei und weiter hinauf zu gehen.

Wie verhalten sich die Gefässe in dem cavernösen Körper? — Nach dem, was wir oben gesehen haben, lässt Leydig sie durch die Balken in die kompakte Lage eindringen, hier sich in ein Kapillarnetz auflösen und darauf sich direkt in die Alveolen und den Ringsinus öffnen. Dass es sich wirklich so verhält, kann man nicht bezweifeln und wird auch hinreichend bereits durch das Blut bewiesen, welches man beständig frei ausgegossen in den genannten Höhlungen vorfindet. Auch bei Injektionsversuchen habe ich mehrmals beobachtet, dass die Masse, ohne übrigens irgend eine Spur von Extravasion, in den Ringsinus und in die Alveolen gedrungen war. Es ist mir indessen bisher weder auf diesem Wege geglückt, noch durch Untersuchung von nicht injicirten Theilen, ausfindig zu machen, wo und wie der Uebergang selbst geschieht. Bei der Ratte z. B. sieht man nur sehr zahlreiche Kapillaren sich oberflächlich in der kompakten Lage bis in den konischen Körper hinauf ausbreiten, doch wie sie endigen, habe ich niemals wahrnehmen können. — Dagegen kann ich nicht unterlassen die Aufmerksamkeit auf einige eigenthümliche Bildungen bei Kaninchen und verschiedenen anderen Thieren hinzuwenden, welche wahrscheinlich zu dem Gefässsysteme gehören und vielleicht gerade die gesuchten Theile ausmachen. Im Ringsinus sieht man nämlich die Oberfläche der kompakten Lage bedeckt mit runden oder kolbenförmigen Körpern, welche frei in die Höhlung hinaustreten. Diese Körper sitzen vereinzelt oder in Bündeln und gehen theils unmittelbar, theils mit längeren oder kürzeren Stielen von der genannten Lage aus. Besonders in dem oberen Theile des Ringsinus findet man sie sehr ausgebildet, in der Weise, dass eine Anzahl — bis zu sechs oder mehreren — solcher Kolben entweder unmittelbar oder durch kurze schmalere Verbindungstheile vereinigt sind und ziemlich lange, frei flottirende perlschnurähnliche Stränge bilden. Sie bestehen überall aus demselben Gewebe wie der spongiöse Körper, mit den länglichen Kernen in den Kolben concentrisch, in den Stielen longitudinal gestellt.

Wie es sich mit ihrem centralen Theile verhält, habe ich nicht mit Sicherheit ergründen können, doch glaube ich soviel gefunden zu haben, dass er keine Nerven enthält. Schliesslich will ich noch hinzufügen, dass diese Bildungen, welche leicht an die arteriae helicinae erinnern können, so weit ich habe finden können, stets kolbenförmig abgerundet endigen, ohne irgend eine Verlängerung der einen oder anderen Art. Im Uebrigen muss es der Zukunft vorbehalten bleiben, ihre Natur weiter zu ergründen.

Wir kommen nun schliesslich zu der wichtigen aber schwierigen Frage über das Verhalten der Nerven in den Tasthaaren. Von den bisherigen Forschern ist es hauptsächlich Gegenbaur[1]), welcher dieselbe ins Klare zu bringen gesucht und auch eine genaue Beschreibung des Verlaufes der Nerven geliefert hat. Nach ihm vertheilt sich der Nervenstamm des Tasthaarfollikels, welcher von dem fünften Paare stammt, »sogleich nach dem Eintritte in mehrere Aeste, welche nach kurzem Verlaufe sich mannigfach verzweigen und durch vielfache Verflechtung ihrer Primitivfasern ein dichtes Netzwerk darstellen, das sich in der ganzen Schicht rings um die äussere Wurzelhülle gleichmässig ausbreitet. In diesem Nervenfaserplexus fand er bei allen Thierarten, die darauf untersucht wurden, Theilungen der Primitivfasern und zwar am zahlreichsten und deutlichsten in einem etwas weiter von dem Hauptflechtwerke der Nervenfasern nach innen liegenden, ganz nahe auf einem structurlosen Häutchen befindlichen feineren Nervennetze. Dieses zweite, vom äusseren durch eine verschieden dicke Lage Bindegewebes getrennte Nervennetz bildet sich aus einzelnen, meist feineren Fasern, welche sich hier und da aus dem ersten oder äusseren nach innen einbiegen und dann in weiten Maschen sich ausbreiten. Mitunter theilte sich eine Nervenfaser auf einer kurzen Strecke 3—4 Mal, und die entstandenen Fasern verzweigten sich auch bald wieder. Einmal sah er, wie eine Nervenfaser in drei auf einmal sich theilte . . . . . . Verfolgt man die Primitivfasern nach oben gegen das Ende der Bindegewebslamelle, so sieht man sie allmälig sich verschmälern . . . . Dies ist theils von Theilungen abhängig, theils trifft es sich ohne deren Einwirkung und man sieht, wie erst starke, dunkel contourirte Fasern auffallend feiner werden, blässere

1) l. c. S. 19 u. w.

Contouren bekommen und endlich gänzlich verschwinden, ohne dass über ihr weiteres Schicksal etwas Bestimmtes zu ermitteln wäre.« — Bei dieser Schilderung muss man indessen bedenken, dass keine Rücksicht auf den cavernösen Körper genommen ist, welchen nach dem, was wir oben gesehen haben, Gegenbaur nicht als solchen anzunehmen scheint. — Leydig[1]) erwähnt das Verhalten der Nerven mehr im Vorbeigehen. So heisst es in Bezug auf das Rind, »dass die Nerven des Balges seitwärts an diesen herantreten, die Balgwand durchsetzen und dann im Inneren der Balken liegen, um schliesslich in der »sulzigen« Schicht ein reiches Endnetz zu bilden.« Und ferner in Bezug auf die Maus, dass der Nervenstamm nach dem Eintritte in den Haarfollikel »unter Ausbreitung in eine Anzahl von Aesten nach vorne geht, um in der Gegend des Ringsinus, nachdem die Primitivfasern sich häufig getheilt haben und feiner geworden sind, zu endigen . . . . Es lässt sich sehen, dass die Nervenenden eine Art Kranz bilden, der bis zu der äusseren Wurzelscheide vorzudringen sucht.«

Nach dem was ich wahrgenommen habe, ist das Verhältniss folgendes. Sobald der Nervenstamm den Haarsack durchbohrt hat und in der von Leydig angegebenen Weise durch die Balken bis zu der kompakten Lage des spongiösen Körpers vorgedrungen ist, breitet er sich unter fortgehender Verzweigung in derselben aus, hauptsächlich in der Richtung nach oben, doch zugleich auch nach beiden Seiten, so dass er ungefähr an dem unteren Theile des Ringsinus vollständig die Wurzelscheide umschliesst. Durch zahlreiche Anastomosen zwischen den Nervenbündeln bildet sich hier ein ziemlich grobes Geflecht, deutlich dem ersten oder äusseren von Gegenbaur entsprechend, und da die Nerven in diesem Theile ihres Verlaufes wirklich in einer gewissen Entfernung von der homogenen Membran zu liegen scheinen, so würde dieses gröbere Geflecht insofern ein äusseres genannt werden können. Theilungen der Nervenfasern sind hier natürlicher Weise schwer zu beobachten, aber man trifft zahlreich die von Gegenbaur beschriebenen »Umbiegungsschlingen«. Wenn das Geflecht den Ringsinus erreicht hat, so tritt es in den hier gelegenen Theil der kompakten Lage, wobei man nicht selten eine kleine Biegung der Nervenfasern nach einwärts wahrnimmt. Besonders ist

1) l. c. S. 718 u. 720.

diese Einbiegung in die Augen fallend bei der Maus, wenn man den Follikel in toto betrachtet, jedoch, wie ich glaube, zum grossen Theile künstlich. Das Geflecht fängt nun an seinen Charakter der Art zu verändern, dass es sich in feinere, aus einigen wenigen Nerven bestehende Bündel auflöst, welche gleichfalls mit einander anastomosiren und ein feineres, dem Gegenbaur'schen inneren entsprechendes Geflecht bilden. In diesem Theile der Nervenausbreitung hat man reichliche Gelegenheit Theilungen der Nervenfasern zu sehen. In Uebereinstimmung mit Gegenbaur habe ich ein Verhalten beobachtet, welches man besonders oft bei der Katze antrifft, dass nämlich die durch die Theilung einer Nervenfaser entstandenen beiden Zweige nicht divergiren, sondern eine lange Strecke dicht aneinander geschlossen fortlaufen. Eben so habe ich einige Mal bei der Ratte gesehen, wie sich eine Nervenfaser in drei Zweige theilte.

Während ihres Verlaufes nach oben nehmen die durch wiederholte Theilungen an Anzahl vermehrten Nervenfasern eine immer mehr parallele Lage in der Richtung gerade aufwärts an, so dass sie gegen den unteren Theil des konischen Körpers in einer Ebene ausgebreitet liegen, welche vollständig den ganzen Umfang der Wurzelscheide umgibt. Gleichzeitig hat, wie Gegenbaur bereits erwähnt, die Mehrzahl der Nervenfasern allmälig an Dicke abgenommen, doch sind sind sie noch alle deutlich doppelt conturirt. Bei dem Eintritte in den konischen Körper bilden die Nerven so einen vollständigen Kranz von parallelen Fasern, welche jedoch bei verschiedenen Thieren verschieden dicht liegen, bei der Katze z. B. fast unmittelbar aneinander, bei der Ratte im Allgemeinen etwas mehr gesondert. Entweder ziemlich in gleicher Höhe miteinander wie bei der Katze, oder in ungleicher Höhe, wie bei der Ratte, verlieren nun die Nervenfasern ihre Markscheide, welche zugespitzt endigt. Von dieser Stelle läuft eine schmale glänzende Faser nach oben aus, welche wir, da es sich offenbar um ein Tastorgan handelt, mit Krause Terminalfaser nennen können. Ob dieselbe ausser dem Axencylinder auch aus Neurolemma besteht, darüber wage ich mich nicht zu äussern, da die an und für sich selbst so delikate Untersuchung hier wegen der Lage der Theile noch schwieriger wird. Das Einzige, welches ich in Bezug hierauf anführen kann, ist, dass ich bei der Behandlung mit sehr verdünnter Schwefelsäure, welche ich gewöhnlich anwandte, wohl unregelmässige Anschwellungen auf den Terminalfasern, doch nie-

mals wirkliche Varicositäten wahrgenommen habe. Ueberall, wo ich deutlich den Verlauf der Terminalfaser verfolgen konnte, habe ich sie stets einfach gefunden, obwohl ich nicht selten Bilder sah, welche mir auf eine Theilung derselben hin zu deuten schienen. Die Terminalfasern haben ihre Lage dicht auf der homogenen Membran, ohne Zweifel in der durchsichtigen Lage des konischen Körpers, und scheinen, von der Oberfläche besehen, eingebettet in eine homogene Substanz mit runden oder länglichen ziemlich blassen Kernen.

In den meisten Präparaten werden die Terminalfasern nach einem kurzen Verlaufe undeutlich und verschwinden. Da, wo es möglich ist, sie ein längeres Stück weit zu verfolgen, sieht man sie gewöhnlich nach und nach etwas schmaler werden, jedoch in den meisten Fällen verschwinden sie auch hier, ohne dass man über ihre wirkliche Endigung etwas ergründen kann. Welcher Art ist diese Endigung nun? Bei Leydig[1]) finden wir in Bezug hierauf eine Vermuthung aufgestellt. Er fand nämlich in der äusseren Wurzelscheide bei dem Hunde ausser den gewöhnlichen zelligen Elementen noch Körper von specifischer Natur, welche zerstreut zwischen den Zellen einzeln oder zu mehreren beisammen stehen und einen gewissen, wenn auch ganz schwachen Glanz, der den umgebenden Zellen völlig abgeht, haben. Sie sind heller als diese, ihre Gestalt ist kuglich, doch lässt sich bei vielen durch wechselnde Focaleinstellung ermitteln, dass sie einen längeren oder kürzeren Stiel haben, der mitunter fadenartig ausläuft. In ihrem Inneren unterscheidet man ein kernartiges Gebilde von solider Beschaffenheit, das sich in den Stiel hinab als entsprechend feiner Cylinder auszieht. Man müsste deshalb auch das ganze Gebilde so auffassen können, dass man sagt: ein blasser solider Faden zwischen den Zellen der äusseren Wurzelscheide schwillt zuletzt kolbig an, in einer besonderen Umhüllung liegend und von dieser noch durch einen lichten Raum abstehend. Als Stütze für seine Vermuthung, dass diese Gebilde nervöse Terminalkörper ausmachen sollten, führt Leydig an, dass sie nur in dem Theile der äusseren Wurzelscheide vorkommen, wo der »Kranz der Nervenfaserenden« sich um dieselbe schlingt, dass die feinen und blass gewordenen Ausläufer der Nervenfasern bis an die homogene Gränzschicht treten und endlich, dass die fraglichen gestielten Körper nur in der Wurzelscheide der Tasthaare

1) l. c. S. 728.

vorhanden sind und »in der Wurzelscheide der gewöhnlichen nicht nervenhaltenden Haarbälge fehlen«. Diesem Allen gegenüber hebt doch Leydig als wichtige Punkte hervor, »dass er kein einziges Mal einen direkten Zusammenhang zwischen Nervenfaserenden und den gestielten Körpern in der Wurzelscheide wahrgenommen habe«, und ferner, dass er nur bei dem Hunde dergleichen Elemente bemerkt, hingegen bei der Katze, beim Rinde, Pferde, Schweine und der Maus sie vermisst habe.

Auf Grund dieser Angaben habe ich bei Hunden nach den in Frage stehenden Gebilden gesucht. Der Vorrath an Material war jedoch gering und beschränkte sich auf ein Paar junge Thiere. Diesen Verhältnissen, sowie auch dem Umstande, dass ich im Verlauf der ganzen vorhergehenden Untersuchung hauptsächlich meine Aufmerksamkeit auf den oberen Theil der Wurzelscheide gerichtet habe, ist es vielleicht zuzuschreiben, dass meine Bemühung erfolglos war. Ich kenne somit nicht durch Autopsie diese gestielten Körper, eine genaue Untersuchung der Leydig'schen Abbildung scheint mir jedoch an die Hand zu geben, dass sie wahrscheinlich anderer Natur sein müssen. Der abgebildete Querschnitt zeigt nämlich in derselben Ebene auch den spongiösen Körper mit Nervenbündeln in den Balken, woraus folgt, dass der Schnitt unterhalb des Ringsinus genommen sein muss. Nach dem, was ich oben zu beweisen gesucht habe, steigen jedoch sämmtliche Nervenfasern weit höher hinauf oder bis zu dem konischen Körper, wo sie in Terminalfasern übergehen, und kein Umstand stellt sich heraus, welcher andeutet, dass sie sich zurückbiegen, um erst nach einem langen Umwege ihre Terminalkörper zu erreichen. Einige Umstände scheinen mir auch im Allgemeinen gegen einen Uebergang der Nerven in die äussere Zellenlage der Wurzelscheide zu sprechen. Trotz fleissigen Suchens habe ich nämlich niemals, weder an Längs- noch an Querschnitten, in der Substanz der homogenen Membran, welche doch hier eine so ansehnliche Dicke hat, irgend eine Spur von Streifung als Ausdruck für durchdringende Nervenfasern entdecken können, und ferner, angenommen, dass die Terminalfasern hier so fein seien, dass sie sich der direkten Beobachtung ganz und gar entzögen, so müsste man auf der äusseren Seite von der homogenen Membran eine entsprechende Verdünnung der Terminalfasern oder ein Auslaufen in feinste Fäden wahrnehmen können, was mir jedoch niemals gelungen ist. Im Gegentheile behalten

dieselben, soweit man sie verfolgen kann, ihre Dicke nur wenig vermindert bei.

Nur mit einer gewissen Zurückhaltung wage ich bei einer Frage von solcher Schwierigkeit, wie die über die Endigungsweise der Nerven, die Ergebnisse vorzulegen, zu denen ich durch meine Untersuchungen gelangt zu sein glaube. Bei der Katze, welche ich für diese Untersuchung am passendsten gefunden habe, sowie einige Mal bei Ratten und Kaninchen, glaube ich wahrgenommen zu haben, wie die Terminalfaser in eine längliche, abgerundete Anschwellung übergeht. Diese Anschwellung hat ein vollkommen homogenes oder höchstens ein sehr fein granulirtes Aussehen ohne irgend eine Art von centraler Bildung und zeigt ausserdem einen eigenen matten Glanz, welcher dieselbe ziemlich gut von den in der Nähe liegenden Kernen scheidet, die ihr sonst an Form und Grösse ungefähr ähneln. Da ich niemals auf der anderen Seite dieser Anschwellung irgend eine Fortsetzung oder Verlängerung der Faser sah, so muss ich dieselbe für eine Terminalanschwellung halten, analog jenen, welche man in den Pacini'schen Körperchen findet. Inwiefern alle Terminalfasern in dieser Weise, oder ob sie in gleicher Höhe miteinander endigen, ist mehr, als ich entscheiden kann, da sie im Allgemeinen quer, gleichsam wie abgerissen, endigen und es nur in einzelnen Fällen mir geglückt ist, einen solchen Zusammenhang, wie den eben angegebenen wahrzunehmen. Immerhin hat man zu vermuthen, dass die angeführte Endigungsweise die allgemeine sei, ebenso dass die Terminalanschwellungen in solchem Falle in einer etwas ungleichen Höhe liegen. In der Nähe der Terminalfaserenden und über denselben sieht man nämlich oft in ungleicher Höhe stehende Körper, welche dieselbe Grösse und ein gleiches Aussehen zeigen wie die mit den Fasern in Zusammenhang stehenden Anschwellungen und die wahrscheinlich in der einen oder anderen Weise von ihren Fasern getrennte Terminalanschwellungen sind. Die Lage der Theile tief in einer schwierig zu isolirenden Schicht und die hierdurch bedingte ziemlich gewaltsame Präparationsweise machen indessen, wie bereits angegeben ist, die Untersuchung schwer und geben mancherlei Veranlassung zu Irrthümern. In der Art und Weise der Präparation liegt vielleicht auch der Grund, dass die Terminalfasern zuweilen gegen ihr Ende, anstatt gerade hinauf zu laufen, eine Biegung nach der Seite zu machen scheinen. Im Zusammenhange

hiermit will ich jedoch bemerken, dass ich glaube an dieser Stelle bei der Ratte blasse Nervenfasern ziemlich weit in transversaler Richtung laufen gesehen zu haben.

Die Nerven der Tasthaare endigen somit höchst wahrscheinlich in dem oberen Theile der homogenen Lage des konischen Körpers und zwar nach dem, was ich gesehen habe, in einer Weise, welche nicht wesentlich von dem abweicht, was wir von den übrigen einfach sensibeln Nerven wissen. Das Einzige, was zu bemerken wäre, ist der Mangel von »Innenkolben« für die verschiedenen Nerven, wovon ich niemals auch nur eine Andeutung gesehen habe. Hier liegt jedoch die Betrachtung nahe, dass die Tasthaarnerven, welche wahrscheinlich nur die Tastempfindungen in des Wortes eigenster Bedeutung zu vermitteln haben, nicht einer gleichen Art Ausrüstung für ihre Terminaltheile bedürften, wie die Pacini'schen, Meissner'schen und Krause'schen Körper, welche, wie man ziemlich allgemein annimmt, dazu bestimmt sind, wenn nicht allein, doch wenigstens nebenbei Gefühlsperceptionen auch anderer Qualität zu vermitteln. Ausserdem könnte man das mehr homogene Gewebe, in welchem sie liegen, als eine Art gemeinsamen »Innenkolbens« betrachten. Dagegen scheinen diese Terminalgebilde durch ihre Lage in dem höchsten Theile des Haarfollikels in der Nähe des Haarschaftes besonders geeignet jede Berührung oder Vibration unmittelbar aufzunehmen, welche dem steifen Haare mitgetheilt wird, und würden zugleich, da sie in hinreichender Menge und von allen Seiten dasselbe umgeben, die Lage und Richtung des festen oder beweglichen Gegenstandes, mit welchem das Haar in Berührung kommt, genau percipiren können.

Dass die Blutfülle in den Alveolen des spongiösen Körpers und im Ringsinus mit der Funktion der Tasthaare in Zusammenhang stehe, ist eine Ansicht, die Leydig[1]) bereits aufgestellt hat und so begründet, dass der Haarsack »einer gewissen weichen Füllung« bedürfe, damit die Nerven die durch das Haar erregten Eindrücke leichter aufzunehmen im Stande seien. Es scheint als würde dieser Zweck eher durch eine starke Blutfüllung des Haarsackes, eine wirkliche Erection erreicht, welche aber, um zweckentsprechend zu sein, freiwillig und momentan müsste eintreten können. Hierzu ist nun eine Art Apparat erforderlich,

1) l. c. S. 728.

um den Abfluss des Blutes zu verhindern, wobei man nicht umhin kann an den Ringwulst zu denken. Ich habe in dieser eigenthümlichen Bildung nacheinander ein muskulöses und ein nervöses Organ sehen wollen. Der ersten Ansicht steht indessen sowohl dessen histiologische Beschaffenheit, als seine oben angegebene Lage und Anheftung entgegen, seiner Eigenschaft als nervösem Organ wiederum der Umstand, dass die Hauptmasse der Nerven bei demselben vorbeiläuft, wenn es auch möglich ist, dass die eine oder andere Faser einträte. Es scheint somit sehr nahe zu liegen anzunehmen, dass der Ringwulst rein mechanisch fungire, vielleicht wie eine Klappe, welche mehr oder minder vollständig die Verbindung zwischen dem Ringsinus und den unterhalb gelegenen Theilen des cavernösen Körpers abschliesst, eine Annahme, die in nicht geringem Grade die Auffassung der Bedeutung des cavernösen Körpers erleichtern würde[1]).

In Bezug auf die Untersuchungs-Methode kann ich kurz sein. Für die Uebersichtspräparate habe ich im Allgemeinen Längs- und Querschnitte von getrockneten Haarfollikeln angewandt, theils isolirt, theils noch in der Haut sitzend, zur Kontrolle auch Schnitte von frischen Follikeln. Die verschiedenen Theile innerhalb der Follikel habe ich in der gewöhnlichen Weise präparirt und durch Zerzupfung isolirt, theils frisch, theils nach Behandlung mit verschiedenen Konservirungs-Flüssigkeiten. Die Terminaltheile der Nerven suchte ich zuerst an Schnitten von Follikeln bloss zu legen, welche mit schwachen Chromsäurelösungen oder Müller's Lösung von doppeltchromsaurem Kali behandelt und darauf nach Durchtränkung mit

1) Man müsste sich dann das Verhältniss in folgender Weise vorstellen. Wenn das Thier seine Tasthaare gebrauchen will, so richtet oder spannt es dieselben dadurch auf, dass es den tieferen Theil des Haarfollikels nach innen zieht. Hierdurch muss dann eine Biegung des Follikels oder wenigstens eine Zusammendrückung des inneren Umfanges desselben eintreten, wodurch der Ringwulst wie ein Keil in den untersten Theil des Ringsinus gepresst wird und diesen von dem spongiösen Körper abschliesst. Das Blut wird auf diese Weise gezwungen, im Ringsinus zurückzubleiben, dehnt diesen aus und füllt zu gleicher Zeit die auf der äussere Seite um den konischen Körper belegenen Alveoli, wodurch theils der genannte Körper fester gegen den Haarschaft gedrückt, theils den innerhalb derselben belegenen nervösen Terminalapparaten eine zugleich feste und elastische Unterlage geschaffen wird.

Gummischleim leicht getrocknet waren, stets jedoch ohne Erfolg. Kein besseres Ergebniss lieferte die Härtung der Follikel in schwachen Lösungen von Chromsäure oder doppelt-chromsaurem Kali und darauf folgende Zerzupfung. Die einzigen Mittel, welche in Bezug auf die nervösen Theile zum Ziele führten, waren die von M. Schultze (Unters. über den Bau der Nasenschleimhaut p. 89) zuerst angegebenen Macerationen mit Oxalsäure oder noch besser mit verdünnter Schwefelsäure. Zu diesem Zwecke werden die isolirten und durch einen Einschnitt in den Sack geöffneten Follikel in eine Lösung von 3—4 Gran englische Schwefelsäure auf eine Unze destillirtes Wasser gelegt. Nach einiger Zeit entfernt man den Haarschaft, durchschneidet den Follikel der Länge nach und löst vermittelst einer gekrümmten Staarnadel vorsichtig den obersten Theil der Wurzelscheiden zugleich mit dem konischen Körper von seiner Befestigung am Follikelhalse. Hat die Säure hinreichend lange gewirkt, so ist der Zusammenhang der Theile so gelockert, dass die verschiedenen Strata auseinanderfallen, und es glückt dann gewöhnlich, eine dünne oben, der Befestigung am Follikelhalse entsprechend, halbmondförmig ausgeschnittene und etwas dickere Lage zu isoliren, in welcher sich der oberste Theil der Nerven ausbreitet. Die erforderliche Zeit für den richtigen Einwirkungsgrad muss man durch Versuche feststellen, gewöhnlich nimmt der Process 8—14 Tage in Anspruch, verschieden, wie es scheint, je nach der Temperatur, der Menge der Lösung u. s. w. Treibt man die Maceration zu weit, so lösen sich freilich die Theile noch leichter von einander, die Nerven werden jedoch undeutlich und verschwinden am Ende ganz und gar.

Erklärung der Abbildungen auf Taf. XXII[1]).

Fig. 1. Längsschnitt des oberen Theiles eines Tasthaarfollikels. Braune Ratte.

a. Der Haarschaft,
b. die innere Wurzelscheide,
c. die äussere Wurzelscheide,
d. stratum corneum und
e. stratum Malpighii der Epidermis der Follikelmündung,
f. Talgdrüse,
g. die homogene Membran,
h. der Ringsinus,
i. der spongiöse Körper,
k. dessen kompakte Lage,
l. der Ringwulst,
m. der konische Körper,
n. dessen innere durchsichtige Lage,
o. der Haarsack,
p. Pigment.

Fig. 2. Querschnitt eines Tasthaarfollikels, der Schnitt durch den Ringwulst gehend. Braune Ratte.

1) Obwohl die Tafel von Herrn Chr. Thornam in Kopenhagen mit Sorgfalt ausgeführt ist und die Originalzeichnungen im Allgemeinen ganz getreu wiedergegeben sind, so hat doch die Schwierigkeit, bei der Ausführung der Arbeit mit Aufklärungen und Berichtigungen zur Hand zu gehen, einige kleinere Mängel veranlasst, von denen ich hier nur die wichtigsten anmerken will. In Fig. 1 ist die mit n bezeichnete durchsichtige Lage des konischen Körpers etwas zu dunkel gehalten, ebenso zeigt hier die innere Wurzelscheide einen unmittelbaren Uebergang in die Hornschicht der Follikelmündung. Fig. 3 ist die mit a" bezeichnete Lage des Bulbus, welche ich für Cuticula der Wurzelscheide halten möchte, weit undeutlicher ausgefallen, als man oft Gelegenheit hat, sie in der Natur zu beobachten.

a. der Haarschaft,
b. die innere Wurzelscheide,
c. die äussere Wurzelscheide,
g. die homogene Membran,
h. der Ringsinus,
k. die kompakte, in den Ringsinus hineinragende Lage des spongiösen Körpers mit querdurchschnittenen Nerven und Gefässen,
l. der Ringwulst,
o. der Haarsack,
q. Blut-coagula.

Fig. 3. Längsschnitt des unteren Theiles eines Tasthaarfollikels. Braune Ratte.
a. die Cortical-Lage des Haarschaftes,
a'. Cuticula des Haarschaftes,
a''. Cuticula der Wurzelscheide?
b. die innere Wurzelscheide,
c. die äussere Wurzelscheide,
g. die homogene Membran,
i. der spongiöse Körper,
o. der Haarsack,
p. Pigment,
r. die Papille,
s. der ausgezogene obere Theil der Papille, in den Markkanal des Haares hinauf sich fortsetzend.

Fig. 4. Kolben und perlschnurähnliche Verlängerungen von der freien Fläche des unteren Theiles des konischen Körpers. Kaninchen.

Fig. 5. Endigung der Nerven im oberen Theile der inneren durchsichtigen Lage des konischen Körpers; zwei von ihnen mit Terminal-Anschwellungen versehen. Junge Katze.

Beobachtungen über Wimper-Epithel.

Von

Dr. P. Marchi,
Prosector am Museum zu Florenz.

Hierzu Taf. XXIII.

Seitdem Valentin und Purkyně die Existenz und Bewegung des Wimper-Epithels beobachteten, haben sich die Anatomen vielfach damit beschäftigt nachzuweisen, in welchen Thieren und in welchen Theilen des Körpers Wimper-Epithel vorhanden sei. Aber obgleich man grosse Mühe auf diese Untersuchung verwandt hat, so ist man dennoch bis jetzt nicht so weit gekommen, die Beziehung der Wimperhaare zu dem Zellenkörper klar darzulegen. Offenbar ist diese eine der wichtigsten Angelegenheiten in der Frage nach der Anatomie der Zelle überhaupt. Auf Veranlassung des Herrn Prof. Max Schultze und unterstützt durch seinen freundlichen Rath habe ich mich mit Untersuchungen über diesen Gegenstand beschäftigt und zunächst die sehr mannigfach gestalteten Wimper-Epithelzellen verschiedener Körpertheile von Mollusken vorgenommen. Ich wurde zur Benutzung dieser Thiere durch die Mittheilung Eberth's[1]) veranlasst, dass an den Wimperzellen des Darmkanales von Anodonta besonders leicht zu verfolgen sei, was früher schon in vereinzelten Beobachtungen, z. B. durch Friedreich, bekannt geworden war, nämlich eine deutliche Fortsetzung der Wimpern in

1) Virchow's Archiv Bd. 35. 1866, pag. 477.

das Protoplasma der Zellen. Nachstehende Mittheilung bitte ich als eine ganz vorläufige zu betrachten, indem meine Untersuchungen unvollendet bleiben mussten, die ich aber wieder aufzunehmen hoffe, wenn ich die Pflicht, meinem Vaterlande zu dienen, erfüllt haben werde.

Die Flüssigkeiten, die ich zur Trennung der einzelnen Wimper-Zellen gebraucht habe, waren eine $1/2$- und 1-procentige Lösung von Kali-bichromicum, eine $1/2$-procentige Lösung von Ueberosmium-Säure und Jod-Serum. Als Farbstoffe benutzte ich auch noch Anilin und besonders Carminammoniak. Was zuerst in die Augen fiel, war, dass die Zellen des Wimper-Epithels an verschiedenen Körperstellen von sehr verschiedener Gestalt sind. Die Oberfläche des Mantels ist bedeckt mit Wimper-Epithel (Fig. 2), dessen einzelne Zellen länglich gestaltet sind, und schwanken zwischen einer Länge von 0,020 Mm. und von 0,028 Mm.; ebenso ist die Länge der Wimperhaare bald 0,024 Mm., bald 0,008 Mm. In jeder Zelle befindet sich ungefähr in der Mitte ein ziemlich grosser Kern, der von hyalinem, wenige kleine Körnchen enthaltenden Protoplasma umgeben ist. Die Wimper-Zellen an den Mund-Fühlern (Fig. 10) sind in ihrer Gestalt denen des Mantels verwandt und unterscheiden sich nur durch die Länge, welche für die Zellen 0,052 Mm. und für die Wimperhaare 0,010 Mm. beträgt. Eine dritte Art von Zellen, die von den beiden ersten wenig verschieden ist, sind die, welche sich an dem Fusse befinden (Fig. 1). Dieses Epithel ist jedoch nicht an dem ganzen Fusse vertheilt, sondern findet sich nur an dem muskulösen, beilförmig zugeschärften, ventralen Theile, welcher aus der Muschel hervorgestreckt wird, und nicht an dem dorsalen, der die Eingeweide enthält. Die Länge dieser Zellen beträgt 0,036 Mm. und die der Wimperhaare 0,008 Mm.

Eine grössere Verschiedenheit von den erstgenannten zeigen in Bezug auf Gestalt und Lage die Wimper-Zellen der Kiemen. Denn sie bestehen aus zwei Arten (Fig. 3, 4), und diese folgen sich regelmässig abwechselnd aufeinander. Sie bilden zwei verschiedene Reihen, von denen die eine aus niedrigen und fast viereckigen Zellen dicht gedrängt zusammengesetzt ist, die einzelnen Zellen (Fig. 7, 8) haben an einer Seite eine grosse Menge ganz feiner Härchen. Der grösste Durchmesser der Zellen ist ungefähr 0,018 Mm., während die Länge der Cilie fast 0,012 Mm. beträgt. Ganz verschieden von dieser Reihe ist die andere, die sich zu beiden Seiten der ersteren

befindet. Die einzelnen Zellen (Fig. 5, 6) sind länglich birnförmig. Ihre Länge beträgt 0,018 Mm.; sie sind versehen mit Haaren von 0,020 Mm. Länge, die dort, wo sie aus der Zelle hervorkommen, zu zwei Drittel der Länge gleichsam zusammengeklebt erscheinen, während das obere Ende sich zu einem Bündel gestaltet, ähnlich einem Pinsel. Die Anwendung der Osmium-Säure liess mich besser als die jeder anderen Flüssigkeit diese Pinselform erkennen. Untersucht man mit dem stärksten Objectiv, so kann man sehen, dass das ganze Büschel der Wimperhaare ein wenig in die Zelle hineinreicht. Diese zweite Reihe befindet sich an den Rändern der kleinen Rinnen, die in grosser Anzahl auf der Oberfläche der Kiemen zu sehen sind.

Völlig verschieden von allen früher genannten Wimper-Epithelien ist dasjenige, womit der ganze Darmkanal ausgekleidet ist. Die einzelnen Wimper-Zellen des Darmkanals (Fig. 9) sind verhältnissmässig sehr lang; die Zellen erreichen die Länge von 0,072 Mm. und die Haare die Länge von 0,016 Mm. Die Stelle der Zellen, womit sie sich auf das Grund-Gewebe stützen, ist meistens ein wenig breiter. Diese Zellen sind es, an denen Eberth das Hineinreichen der Wimpern in das Protoplasma beobachtete. Ich habe dies Verhältniss unzählige Male bestätigen können. Die Untersuchung mit den stärksten Objectiven (Amici, Hartnack 10) lässt keinen Zweifel, dass eine Differenzirung im Protoplasma besteht, durchaus entsprechend den aus der Zelle hervorragenden Härchen. Das Protoplasma ist durch und durch feinstreifig, die einzelnen Streifen oder Fäserchen schliessen sich unmittelbar an die Basis der Wimpern an und reichen, indem sie sich ganz allmälig verlieren, in einzelnen Fällen bis in die Nähe des Zellenkernes. Ueber diesen hinaus gegen die Basis der Zellen hin habe ich nie eine Andeutung derselben gesehen. Dabei besitzen diese Zellen denselben doppelt contourirten glänzenden Saum an der freien Fläche, wie andere Wimperzellen, an denen das Durchtreten der Härchen in das Innere nicht wahrzunehmen ist. Besteht derselbe, wie am wahrscheinlichsten ist, aus einer verdichteten Schicht des Protoplasma, so muss diese wie ein feines Sieb durchlöchert sein, um den Härchen den Durchtritt zu gestatten.

Diese Erscheinung des Zusammenhanges der Wimpern mit dem Protoplasma kommt bei Anodonta aber nicht allein an den Zellen des Darmepithels vor. Sie ist ganz ähnlich schön auch an den Epithelzellen der sogenannten Mundfühler zu beobachten und

analog dürfte die schwierig zu erklärende, weil selbst mit den stärksten Objectiven nicht hinreichend klar erkennbare Stelle zu deuten sein, welche sich an der Spitze der birnförmigen Wimperzellen der Kiemen befindet, wo aus einer sark lichtbrechenden glänzenden Masse der Wimperbusch sich entwickelt (Fig. 6).

Um auch andere Mollusken in den Kreis meiner Untersuchungen zu ziehen wählte ich einige Arten von Helix, Limax und Paludina. Wir wissen, dass die äussere Haut der Paludina vivipara, wie bei anderen Wasser-Mollusken, vollständig mit Wimper-Epithel bedeckt ist. Die Zellen der Mantelhöhle (Fig. 11) hatten die Länge von 0,022 Mm., die Wimperhaare sind im Verhältniss zu den Zellen sehr lang: ihre Länge beträgt nämlich 0,028 Mm. Mit den obengenaunten sehr starken Objectiven konnte ich das Eindringen der Cilien in das Protoplasma auch hier sehen, aber nicht so deutlich wie in dem Darmkanal von Anodonta.

Die Zellen, welche sich in dem Fuss befinden (Fig. 12), sind 0,028 Mm. lang und die Wimperhaare 0,008 Mm. Man hat bisher vielseitig behauptet, dass in dem Darmkanal der Land-Mollusken Wimper-Epithel nicht vorhanden sei, ich aber habe gefunden, dass der Darmkanal derselben constant mit Wimper-Epithel ausgekleidet ist. Allerdings sind die Härchen sehr klein und nicht leicht bemerkbar, was wohl der Grund sein mag, dass sie bisher übersehen worden sind. (Vergl. Fig. 13 von Limax rufa und atra, 14 und 15 von Helix hortensis und fulva?) Um bei diesen Gattungen die Bewegung des Wimper-Epithels zu sehen, habe ich ein kleines Stück des Darmkanales aufgeschnitten, dann gefaltet und am Rande der Falte mich von der wirklichen Bewegung überzeugt. Ebenso überzeugte ich mich von dem Vorhandensein der Wimperhaare an den einzelnen durch die oben angeführten Flüssigkeiten isolirten Zellen.

Da Friedreich seine Beobachtungen über das Eindringen der Wimpern in das Protoplasma an den Zellen des Ependyma ventriculorum vom Menschen gemacht hat, versuchte ich auch einige Beobachtungen über diese schwierig zu conservirenden Wimperzellen bei Thieren zu machen. Es gelang mir bei Fröschen und beim Schaaf, und zwar der ausgewachsenen Thiere, die Wimpern des Ependyma in der Bewegung zu sehen. Bei Fröschen erblickte ich die Härchen nicht nur auf der Oberfläche der Ventrikel (Fig. 18), sondern auch auf den Plexus chorioides (Fig. 17). Die unbedeutende Länge und Feinheit der Cilien machte jedoch die Beob-

achtung zuweilen etwas schwierig. Das Epithel der Gehirn-Ventrikel ist bei den Fröschen aus rundlichen, grosskernigen Zellen gebildet, die nur kurze, 0,006 Mm. lange Wimpern tragen, welche vereinzelt auf den Zellen stehen und sehr leicht abfallen. Bei dem Schafe (Fig. 16) sind diese Zellen beinahe gleich gestaltet und haben fast dieselbe Breite, aber die Wimpern sind etwas resistenter, wie es mir scheint, denn sie widerstehen besser der Maceration durch Flüssigkeiten, als bei den Fröschen. Es war mir jedoch bei diesen Zellen unmöglich, das Eindringen der Wimperhaare in das Protoplasma zu sehen.

Bonn, den 15. Juni 1866.

Erklärung der Abbildungen auf Taf. XXIII,

alle, mit Ausnahme von Fig. 6, bei 600mal. Vergrösserung.

Wimper-Epithel von Anodonta Cygnea.

Fig. 1. Wimperzellen des Fusses.
» 2. Wimperzellen des Mantels.
» 3. Basis der beiden Arten der Wimperzellen an den Kiemen.
» 4. Oberfläche der beiden Arten der Wimperzellen an den Kiemen.
» 5. Eine Art von Wimperzellen der Kiemen.
» 6. Isolirte stärker vergrösserte Zelle dieser Art.
» 7. Zweite Art von Wimperzellen der Kiemen.
» 8. Isolirte Zellen dieser Art.
» 9. Wimperzellen des Darmkanals.
» 10. Wimperzellen der Mundfühler.
» 11. Wimperzellen des Mantels von Paludina vivipara.
» 12. Wimperzellen des Fusses von derselben.
» 13. Wimperzellen des Darmkanals von Limax rufa und atra.
» 14. Wimperzellen des Darmkanals von Helix fulva?
» 15. Wimperzellen des Darmkanals von Helix hortensis.
» 16. Wimperzellen auf dem Septum pellucidum des Schaafes.
» 17. Wimperzellen auf dem Plexus choroides des Frosches.
» 18. Wimperzellen auf der Oberfläche der Seiten-Ventrikel des Frosches.

Untersuchungen über die Entwicklung des Harn- und Geschlechtssystems.

Von

Dr. C. Kupffer.

Hierzu Taf. XXIV. Fig. I–III.

2. Die Entstehung der Niere beim Hühnchen[1].

Nachdem ich an Schafembryonen auf das Bestimmteste mich überzeugt hatte, dass die bleibende Niere als sekundäre Bildung aus dem System der Primordialniere hervorkeimt, erschien es mir höchst wahrscheinlich, dass Remak beim Hühnchen das früheste Stadium übersehen hatte, wenn er die Nierenanlage vom Wolff'schen Gange gesondert in die Kloake einmünden liess und demnach dieselbe als aus dem Darm hervorgewachsen ansah. Meine Vermuthung wurde vollkommen bestätigt. Herr stud. Goette in Dorpat, der bei Gelegenheit der Bearbeitung einer Preisaufgabe über die Entwicklung des Darmsystems anfänglich zu derselben Ansicht über den Ursprung der Niere gelangt war wie Remak, unternahm es in Folge meiner Aufforderung diesen Punkt einer erneuten genauen Prüfung zu unterwerfen, und es gelang ihm, auch hier die erste Anlage der Niere als einen Blindsack am Wolff'schen Gange nachzuweisen. Ich habe mich an seinen und an eigenen Präparaten davon überzeugt, dass die Entstehung der bleibenden Niere beim Hühnchen im Wesentlichen auf dieselbe Weise erfolgt, wie bei Säugethieren und vermag darüber das Folgende anzugeben: Am Ende des fünften — Anfang des sechsten Brüttages treibt der Wolff'sche Gang hart oberhalb

1) Die erste Abtheilung dieser Untersuchungen findet sich im ersten Bande dieses Archivs pag. 233.

seiner Einmündung in die Kloake einen hohlen Sprossen aus seiner obern (dem Rücken zugekehrten) Wand hervor, der, ein blind geschlossener Epithelialsack, innerhalb der Leiste, die den Wolff'schen Gang enthält, erst gegen den Rücken sich wendet, dann aber bald sich neigt und dem Wolff'schen Gange parallel nach vorn wächst. — Soweit würde der Vorgang beim Hühnchen und Schaf vollkommen übereinstimmen. Jetzt zeigt sich aber eine Differenz in der Weise, wie Wolff'scher Gang und Nierenkanal sich von einander lösen. Während nämlich beim Schaf[1]) der beiden Kanälen gemeinschaftliche Stamm zunächst sich verlängert, wird die Leiste, die beide Kanäle umschliesst, derartig dislocirt, dass ihr Beckenende allmälig von der Rückenwand nach vorn an die Bauchwand rückt, bis die Leisten beider Seiten in der vordern Mittellinie mit ihren Enden zum Genitalstrange verschmelzen, dabei findet zugleich eine solche Drehung statt, dass der ursprünglich aus der hintern Wand des Wolff'schen Ganges entspringende Nierenkanal jetzt zwischen Wolff'schem Gange und der Blase zu liegen kommt und seine Kommunikation mit derselben auf dem kürzesten Wege herstellt.

Anders geht es beim Hühnchen vor sich! Hier beginnt gleich nach der Entstehung der blindsackförmigen Nierenanlage ihre Trennung vom Wolff'schen Gange, indem beide abwärts gegen die Kloake sich von einander lösen. Da das beiden gemeinschaftliche Stück ohnehin kurz ist, so ist bereits nach 20—24 Stunden die Trennung erfolgt und die Nierenkanäle münden etwas oberhalb der Wolff'schen Gänge in die Kloake. So trifft man das Verhältniss am Ende des sechsten, Anfang des siebenten Tages und dieses Stadium hatte Remak für das primäre gehalten.

Es ist nicht leicht, sich von diesem Gange der Entwicklung zu überzeugen, da sich die oben geschilderten Vorgänge innerhalb der Leiste vollziehen, die den Urnierengang enthält, und ich glaube nicht, dass man auf irgend einem andern Wege zu einer klaren Anschauung darüber gelangen kann, als auf dem von mir bereits bei den Schafembryonen eingeschlagenen.

Die fernere Entwicklung der Niere sah ich in der von Remak beschriebenen Weise vor sich gehen: Der Nierenkanal treibt aus seinem blinden Ende und an seiner äussern Seite in drei von einander abgesetzten Gruppen hohle Sprossen hervor, die sich weiterhin gablig

1) Archiv f. mikroskop. Anat. Bd. I. pag. 233.

theilen und verlängern. Ob direkt aus demselben durch einfache Verlängerung die Epitheliallage der Harnkanälchen hervorgehe, wie Remak behauptet, kann ich bisher weder bestätigen noch bestreiten. —

So hat sich denn für drei Wirbelthierklassen, nackte Amphibien [1]), Vögel und Säugethiere darthun lassen, dass beide der Zeit nach aufeinanderfolgende Nieren aus einunddemselben Boden, dem Urnierengange, hervorgehen und es ist dem gegenüber erlaubt anzunehmen, dass die Reptilien keine Ausnahme darbieten werden.

Nach diesem Ergebniss muss die bleibende Niere der Vertebraten in organologischer Hinsicht als ein weiter entwickelter Theil des Systems der Urniere aufgefasst werden. — Diese Fortentwicklung erfolgt bei den drei genannten Klassen nicht durchaus übereinstimmend, sondern mit der interessanten Abweichung, dass bei der untersten Klasse — nackte Amphibien —, der Urnierengang direkt die hohlen Sprossen treibt, die die Grundlage der bleibenden Niere abgeben, also mit seinem hintern Ende im System derselben persistirt, während bei den beiden obersten Klassen dieser Gang erst einem sekundären Kanale — ich habe ihn den Nierenkanal genannt — die Entstehung giebt, an dem dann die Sprossenbildung vor sich geht. Indem hier dann der Nierenkanal sich weiterhin vollständig von dem Urnierengange löst, wird die bleibende Niere selbstständig hingestellt und es ergiebt sich in diesem Sinne ein Fortschritt der Entwickelung innerhalb der Wirbelthierreihe von den niedern zu den höhern Klassen.

Von diesem Gesichtspunkte der vergleichenden Entwicklungslehre aus gewinnt nunmehr die Frage nach der Entstehung der Niere bei den Fischen ein erhöhtes Interesse.

Im Folgenden wird der Anfang zur Lösung derselben gemacht.

---

3. Die Allantoïs der Knochenfische.

Ich gestehe zunächst, dass meine Beobachtungen sich nur auf je eine Art aus zwei Familien erstreckt haben, nämlich auf Gasterosteus aculeatus (trachurus Cuv.) und auf Gobius minutus, bei denen ich im Wesentlichen Uebereinstimmung antraf, und muss es darnach Jedem überlassen, wie weit er dem Gebilde, das ich als eine Allantoïs anspreche, allgemeine Bedeutung zugestehen will.

1) v. Wittich, Zeitschrift f. wissenschaftl. Zool. Bd. IV. 1852.

Meine Darstellung wird sich in Folgendem an das Ei des Stichlings halten, das wegen der Klarheit des Chorion und der Durchsichtigkeit des Dotters sowohl, als des Embryo ein unübertrefflich schönes Objekt für die Untersuchung der ersten Stadien abgiebt. Ich konnte in diesem Sommer während der Monate Juni und Juli stets frisch gelegte Eier aus der Kieler Bucht erhalten und vermochte in einer Porcellanschale mit Seewasser die Entwicklung bis zum Ausschlüpfen der Embryonen fortzuführen, so dass ich an hundert und mehr Exemplaren die in Rede stehenden Verhältnisse zu vergleichen im Stande war.

Die Beobachtung beginnt in einem sehr frühen Stadium der Entwicklung, bevor die Keimhaut den Dotter vollständig umwachsen hat. Angaben über den Zeitpunkt vom Beginne der Furchung an gerechnet, haben, wie Jeder zugeben wird, der sich mit der Entwicklung von Fischeiern beschäftigt hat, nur einen sehr relativen Werth. Differenzen in der Temperatur des Wassers von wenigen Graden bedingen beträchtliche Abweichungen in der Dauer desselben Processes. Passender ist es, den Moment des Eintritts einer neuen Bildung auf den Fortschritt der allgemeinen, leicht wahrnehmbaren Vorgänge zu beziehen, hier auf die Ausdehnung der Keimhaut (couche epidermoïdale C. Vogt). — Zu dem Zeitpunkte, den ich im Auge habe, bedeckt die Keimhaut die Dotterkugel bis auf eine kreisförmige Lücke, deren Durchmesser auf die Kugel bezogen etwa 30° beträgt; es ist C. Vogt's trou vitellaire und mag als »Dotterloch« bezeichnet werden. Der Embryo ist bereits deutlich angelegt, liegt in einem grössten Kreise der Kugel, das Vorderende desselben fällt in den dem Centrum des Dotterlochs entgegengesetzten Pol des Eies, nach hinten läuft derselbe noch ohne Grenzen in die Keimhaut aus, gegen die Peripherie des Dotterloches hin. Die Rückenwülste sind in der vordern Hälfte des Embryo geschlossen, an dem Hirn lassen sich die drei Abtheilungen bereits unterscheiden, die primitiven Augenblasen beginnen sich hervorzuwölben. Die Chorda ist ebenfalls angelegt und reicht bis in die Nähe des Dotterloches.

Zwischen dem hintern Ende der Chorda dorsalis und der Peripherie des Dotterloches tritt die erste Spur des Gebildes auf, von dem ich sprechen will. Es erscheint dort genau in der Axe des Embryo eine kleine Blase, die in der Ausdehnung, bei welcher ich sie zuerst zu erblicken vermochte, kaum den doppelten Durchmesser der Keimzellen aus ihrer nächsten Umgebung erreicht. —

Stellt man das Ei derart, dass der Embryo im Profil erscheint, so ist sie ihrer Kleinheit wegen um diese Zeit noch nicht wahrzunehmen, dagegen kann man sie beim Blick auf die Rückenseite des Embryo nicht übersehen und findet sie auch von der entgegengesetzten Seite her, durch die pellucide Dotterkugel hindurch. Von beiden Richtungen aus gewahrt man, dass die Keimzellen der nächsten Umgebung sich regelmässig im Kreise um dieselbe ordnen.

In den nächsten 24 Stunden wächst diese Blase beträchtlich und es schliesst sich gleichzeitig das Dotterloch. Der letztere Vorgang mag zuerst Berücksichtigung finden:

Die fernere Verengerung der Oeffnung geht beträchtlich langsamer vor sich, als die Ausdehnung der Keimhaut über den Dotter bis zu dieser Grenze erfolgt war, und während bisher die Keimhaut in dem Maasse, als sie sich ausbreitete, zugleich dünner und durchsichtiger wurde, so dass am Rande des Dotterloches zu dem oben geschilderten Zeitpunkte sie nur von einer einfachen Lage platter polygonaler Zellen gebildet wird, erfährt der Rand nunmehr bei dem weitern Vorschreiten gegen das Centrum der Lücke eine Verdickung, erhebt sich wallförmig, indem die Zellen sich mehrfach schichten. Die äussersten Randzellen verlängern sich hierbei stabförmig und verleihen durch ihre Stellung der Peripherie des Dotterloches ein regelmässig radiär gezeichnetes Aussehen. Die Rückenwülste haben sich mittlerweile so weit genähert, dass sie mit dem erhöhten Rande des Dotterloches verschmelzen. — So schliesst das Längenwachsthum des Embryo auf der Dotterkugel vorläufig ab; sein hinteres Ende bildet also jetzt einen kraterförmigen Hügel, an dessen Spitze das Dotterloch angetroffen wird. Dotterloch und vorderes Ende des Kopfes stehen sich diametral entgegen, der Embryo nimmt einen ganzen Halbkreis ein.

Ohne weitere Veränderung in der Umgebung schreitet die Verengerung des Dotterloches bis zum völligen Verstreichen fort, das ich an Eiern, die bei einer Zimmertemperatur von 12—15° R. in einer Porcellanschale mit Seewasser gehalten wurden, circa 50—60 Stunden nach Beginn der Furchung erfolgen sah. Einige wenige hervorragende Zellen deuten noch eine Zeit lang die Stelle an, wo der Verschluss vor sich ging.

Die Fig. I zeigt den Embryo des Stichlings im Profil (nach der Natur gezeichnet, bei Einstellung der Mittelebene des Embryo in den Focus) aus einem Zeitpunkte kurz vor dem Schluss des Dotter-

loches. Man sieht daraus, dass das Dotterloch nicht mit dem hintern Axenende des Embryo zusammenfällt, sondern an der Rückenseite des Schwanzendes sich vorfindet. Der Hügel, zu welchem das Schwanzende sich erhebt, prominirt zur Zeit der Schliessung mehr über der Peripherie der Dotterkugel als der Scheitel des Kopfendes.

Die erwähnte Blase, die ich der Deutung vorgreifend, gleich als Allantoïs bezeichnen will, ist während dessen stark gewachsen. Bei ihrem ersten Erscheinen in der Fläche der Keimhaut zwischen dem hintern Ende der Chorda und der Peripherie des Dotterloches möchte man sie kaum als zur Embryonalanlage gehörig betrachten, so weit diese sich nämlich kielförmig über die Dotterkugel erhebt, denn der Kiel reicht nicht bis an die Blase heran. Schreitet die Ausdehnung der Rückenwülste und der Chorda weiter vor gegen das sich verengende Dotterloch, so kommt die Chorda an die äussere Seite der Blase zu liegen und drängt sie nach Innen gegen den Dotter, so dass sie nunmehr in der Profillage sichtbar wird. Sie ist dann kenntlich an einem zierlichen höchst regelmässigen Epithelium, das nach Innen und Aussen von einer bestimmten Linie begrenzt ist. Der äussere Contour des Epitheliums stösst unmittelbar an die Chorda.

Nachdem das hintere Ende des Embryo durch das Verschmelzen der Rückenwülste mit der hügelartigen Umgebung des Dotterloches eine vorläufige Abgrenzung erfahren hat, wird die Verbindung der Allantoïs mit der Embryonalanlage eine innigere, es häufen sich Zellen um erstere an, die sie vom Dotter trennen und mit dem Hinterende des Embryo näher verbinden. Zwischen diesen Zellen treten grössere und kleinere Fettkugeln auf, manche von der Grösse der Blase selbst, so dass bei flüchtigem Blick eine Verwechselung möglich wäre, wenn nicht das Epithelium die letztere auszeichnete. Dieser Vorgang erfolgt schon vor dem vollständigen Schluss des Dotterloches.

Die Fig. I, die diesem Stadium entnommen ist, zeigt die Allantoïs in der Mitte des knopfförmigen hintern Endes des Embryo. In demselben Maasse, als dieser Knopf mit dem Hügel, der an seiner Spitze das Dotterloch trägt, über das Niveau der Dotterkugel hervorragt, dringt er zugleich durch die eben erwähnte Zellenwucherung nach Innen in den Dotter hinein. Man gewahrt also um die Zeit, wo das Dotterloch verstreicht, die Allantoïs von keiner Seite her frei, indessen gestattet die Pelluciditat der Masse doch noch eine

Zeit lang sie in der Profillage deutlich zu übersehen. Der Grösse nach übertrifft sie am dritten Tage um ein Weniges die der Gehörblase. —

Innerhalb des dritten Tages tritt eine neue Erscheinung auf, die damit eingeleitet wird, dass die Allantoïs sich nach Vorn birnförmig verlängert und zuspitzt. Weiterhin gewahrt man einen fadenförmigen Strang, der entlang der Chorda zwischen dieser und dem Dotter nach Vorn zieht. Die Urwirbel sind erst zu Seiten der Chorda angelegt, bauchwärts ist dieselbe noch ganz frei, denn es macht sich bisher keine Zellenlage bemerklich, die man als innerstes Keimblatt deuten könnte. Man sieht daher jenen Strang sehr deutlich (cf. Fig. II.).

Derselbe hängt mit der Allantoïs zusammen, derart, dass man die seitlichen Contouren des Stranges kontinuirlich in den äussern Contour des Epitheliums der Allantoïs verfolgen kann. Die Höhle der letzteren verlängert sich ein Wenig in den Strang hinein. Dann geht von dem Ende derselben eine feine Linie in der Axe des Stranges weiter. Gegen das Ende des dritten Tages hat dies Gebilde die halbe Breite der Chorda dorsalis erlangt und reicht nach Vorn bis in die Gegend des Gehörbläschens, daselbst mit deutlichem abgerundetem Ende aufhörend. Die bestimmte regelmässige Zeichnung des Epitheliums der Allantoïs vermochte ich an dem Strange nicht zu unterscheiden, er hatte das gleichförmige Aussehen, das auch die Chorda an Fischembryonen in den ersten Tagen darbietet.

Leider werden diese Verhältnisse durch Neubildungen an den nächsten Tagen der Wahrnehmung entzogen. Zuerst betrifft das die Allantoïs. Die Zellen, die bereits am dritten Tage sie umgaben, bilden eine mächtigere Lage, die ganze Masse konsolidirt sich und die bisher sphärisch abgerundete Portion bildet sich zu einer nach Vorn offenen Nische um, auf deren Boden die Allantoïs liegt. Die Nische stellt das hintere Ende der Bauchhöhle dar, entsprechend der Beckenbucht der Embryonen höherer Wirbelthiere. Die Wände derselben, nach Vorn wachsend, verdecken die Allantoïs bald vollständig.

Indem nun gleichzeitig die Urwirbel die Chorda bauchwärts umwachsen, der Embryo in seiner ganzen Länge sich höher über die Dotterkugel erhebt und die Bauchplatten sich verdicken, wird auch jener mit der Allantoïs zusammenhängende Strang verdeckt. — Ich versuchte durch Sprengung des Eies den Embryo zu isoliren,

um dann bei Anwendung eines leichten Druckes die Allantoïs wieder zu Gesichte zu bekommen. Allein dazu eignet sich das Ei des Stichlings nicht. Das Chorion ist trotz seiner vollkommeneren Durchsichtigkeit sehr fest und umspannt den Eiinhalt — d. h. Dotter und Embryo, denn von einer flüssigen Eiweissschicht zwischen Chorion und Dotter kann hier kaum die Rede sein — so prall, dass bei der vorsichtigsten Eröffnung die Masse mit Vehemenz herausgeschleudert wird und der noch nicht genügend konsolidirte Embryo total zu Grunde geht. Dieselbe Procedur gelingt dagegen sehr leicht beim geräumigern Ei, z. B. vom Gobius minutus. — Erst vom Ende des fünften Tages der Entwicklung konnte ich auf diese Weise recht wohl erhaltene Exemplare isoliren. Vor dem Sprengen überzeugte ich mich, dass der Embryo aus dieser Zeit nach wie vor die Dotterkugel im Halbkreise umspannt, aber über den Fixationspunkt des Hinterendes ist der Schwanz eine Strecke weit frei hinausgewachsen und zählt bereits 5—6 Urwirbel; das Herz war Sförmig gekrümmt, die Linse kugelförmig, Otolithen fehlten noch, ein kurzer Afterdarm war vorhanden, endigte aber noch blind.

Da ich zuletzt die Allantoïs am Grunde der Nische gesehen hatte, die als erste Andeutung der Bauchhöhle erscheint, so musste ich sie jetzt in der Nähe des blinden Endes des Afterdarms suchen. — Nachdem der isolirte Embryo unter den mässigen Druck eines auf feine Glasfäden sich stützenden Deckblattes gebracht war, wurde eine rundliche Blase von regelmässigem Epithel ausgekleidet an jener Stelle sichtbar. Sie lag etwas hinter dem Blindende des Afterdarms, näher der Wirbelsäule als jenes, und öffnete sich nicht nach Aussen. Dagegen ging ein Strang von ihr aus, der der Wirbelsäule entlang, über den Darm nach Vorn zog, theilweise von den Urwirbeln verdeckt. Er erschien bei der Seitenansicht von den Zellen eines Epitheliums so angefüllt, dass ein Lumen im Verlauf der Axe nicht wahrnehmbar war. Bei stärkerem Druck zeigte sich ein Axenraum. Ich hatte also dasselbe wiedergefunden, was ich bei dem Embryo vom dritten Tage, noch vor dem Beginn der Bildung des Darms, bereits angelegt erblickt hatte.

Es war aus der Lage der Theile klar, dass die Blase zur Harnblase wurde und in dem Strange die erste Anlange der Niere gegeben war. Der weitere Verlauf der Vorgänge ergab, dass die Blase sich durch einen kurzen Kanal nach Aussen öffnete. Mit der Bildung dieses kurzen Ausmündungsganges verlor die Blase ihre bestimmte

sphärische Form und erschien weiterhin als eine längliche, je nach dem Füllungsgrade mehr oder weniger deutliche Erweiterung des Ganges.

Ein zweiter Fisch, dessen frisch gelegte Eier mir ebenfalls zugänglich waren, ist der Gobius minutus. Das grosse birnförmige Ei bietet in mehrfacher Beziehung Vortheile für die Beobachtung dar, namentlich den, dass wegen eines bedeutenden Abstandes des Chorion von der Dotterkugel die Isolation der letztern mit dem Embryo sehr leicht gelingt. Dagegen eignete es sich für meine Zwecke weit weniger, als das Ei des Stichlings, weil der Embryo beim ersten Auftreten undurchsichtig ist. Dazu kommt noch ein zweiter ungünstiger Umstand. Bei der Umwachsung der Dotterkugel durch den Keim schreitet hier die Keimhaut nicht mit scharfem Rande vor, wie beim Stichling, sondern mit stark gewulsteten, so wie es Baer[1]) von Cyprinus blicca schildert. Der Stichling, bei dem diese Wulstung erst im letzten Moment des Umwachsens erfolgt, stimmt also in diesem Vorgange mit Coregonus palaea, nach C. Vogt's[2]) Beschreibung, überein, der Gobius mit den Cyprinen. Es war aber die Allantois im ersten Moment ihrer Entstehung in der Nähe dieses Randes zu suchen, was bei der Dicke und Undurchsichtigkeit desselben hier keinen Erfolg geben konnte.

Doch habe ich an diesen Embryonen die Existenz der Allantois in einem Stadium nachgewiesen, das mit dem in Fig. 1 vom Stichling dargestellten ziemlich übereinstimmte. Ich hatte die Embryonen isolirt und bei leichtem Drucke zeigt sich im Schwanzende, an der Bauchseite der Chorda eine geschlossene runde Blase, die von regelmässigem Epithelium umkleidet war. Ob von derselben ein Strang nach vorn lief, konnte ich nicht entscheiden. Die ersten Vorgänge verliefen an diesen Eiern rascher, als an denen des Stichlings, und das Stadium, in dem mir der Nachweis der Blase gelang, fiel in die Mitte des zweiten Tages. Von dem Darm sah ich noch keine Spur. An Eiern derselben Portion beobachtete ich von da an ein allmäliges Durchsichtigwerden der Embryonen, indem der Inhalt der Keimzellen sich klärte. Am dritten Tage waren sie so durchsichtig wie die des Stichlings. Jetzt sah man den Afterdarm blind endigend, hart hinter dem Ende desselben eine runde Blase im Zusammen-

1) Untersuchungen über die Entwicklungsgesch. d. Fische. Leipzig 1835.
2) Embryologie des Salmones. Neuchatel 1842.

hange mit der kanalförmigen Niere, deren Epithelium an der Einmündungsstelle in die Blase deutlich flimmerte, kurz im Wesentlichen dasselbe, was der Stichling gelehrt hatte. Die Uebereinstimmung erstreckte sich auch darauf, dass die Blase sich zuerst nach aussen öffnete, hernach erst die Afterbildung erfolgte.

Von den bisherigen Bearbeitern der Entwicklung des Fischeies ist die von mir als Allantois gedeutete Blase nicht beobachtet worden. K. E. v. Baer[1]) erwähnt nicht einer blasigen Erweiterung an dem Ausmündungsgange der Nieren bei Cyprinus Blicca. — Ebenso schweigt Rathke[2]) darüber. Er sagt, seine Beobachtungen zusammenfassend: »bei den Fischen macht sich niemals an der untern Wandung des Endstücks des Darmkanals ein sackartiger Anhang bemerklich, der als gleichbedeutend mit der Allantois oder mit der Harnblase anderer Wirbelthiere zu betrachten wäre.« Die spätere Blase sieht er als eine secundäre Erweiterung des Harnleiters an.

C. Vogt[3]) lässt bekanntlich die Nieren und den Darm aus einer ursprünglich zusammenhängenden Zellschicht hervorgehen, die zwischen der Chorda dorsalis und der Dottersubstanz auftritt. Seine Darstellung ist folgende: »Diese Schicht spaltet sich in zwei aufeinander liegende Lagen, die obere, der Chorda nähere wird zu den Nieren. Innerhalb dieser Anlage tritt zunächst der Ureter hervor als ein durch die ganze Länge reichender Kanal, der in der Mehrzahl der Fälle früher sichtbar ist, ehe der Darm Röhrenform zeigt. Am hintern Ende des Ureters, unmittelbar über dem After, sieht man eine blasige Erweiterung, mit der der Kanal endigt. Das ist aber nicht die Harnblase, denn die Erweiterung schwindet wieder vollständig, der Ureter erscheint darauf als feiner Faden und erst später, in der Mitte des Embryonallebens tritt an derselben Stelle die Blase auf.« — Von der ersten Erweiterung des Ureters sagt Vogt[4]):

»Ich schreibe derselben eine besondere Bedeutung zu und betrachte sie als ein hinteres Rudiment der Allantois. Da die Fische die Harnblase an der Rückseite des Darms haben, so folgt daraus, dass die Allantois, selbst wenn sie sich entwickelte, nicht in dieselbe

1) a. a. O.

2) Entwicklungsgeschichte der Wirbelthiere. Leipzig 1861. pag. 173.

3) a. a. O. pag. 177.

4) a. a. O. pag. 179.

Beziehung zum Darm treten könnte, wie bei den höheren Thieren; aber sie findet sich nichts destoweniger als Rudiment in jener Erweiterung des Ureters vor.«

Meine Beobachtungen weichen also von denen C. Vogt's in folgenden Stücken ab: 1) Nicht der Ureter ist das primär auftretende Organ, an dem eine Erweiterung erscheint, sondern die Allantois, die als geschlossene Blase selbstständig entsteht. Ihr Anfang zeigt sich weit früher, ehe eine wahrnehmbare Zellenschicht den Beginn der Entwicklung des Darms einleitet. Von dieser Allantois aus entwickelt sich ein Strang nach vorn, an der Bauchseite der Chorda, der Ureter, oder wie ich denselben bezeichnen möchte, der Urnierengang. 2) Die Harnblase ist nicht eine besondere, nachträglich auftretende Bildung, sondern der Rest der Allantois, die ihre sphärische Form einbüsst, sobald sie sich mit der Entstehung der kurzen Harnröhre nach aussen öffnet. Vogt hebt es nicht besonders hervor, dass das Verschwinden der ersten Blase mit der Eröffnung nach aussen zusammenfällt, allein nach seiner Fig. 142 zu urtheilen muss es sich damit bei Coregonus palaea wie beim Stichling und bei Gobius minutus verhalten. Denn die Figur 142 zeigt die Blase kurz vor der Eröffnung und der Entwicklungsgrad des dort abgebildeten Embryo trifft mit demjenigen überein, bei welchem ich an den von mir beobachteten Fischen jenen Vorgang erfolgen sah. Ich erwähnte bereits, dass ich nach erfolgter Ausmündung der Harnröhre die Blase bald deutlich sah, bald vermisste; übte ich einen stärkern Druck aus, so war stets eine Erweiterung an jener Stelle bemerklich. Im Verlauf der Entwicklung wuchs sie natürlich und wurde stets bestimmter, ich kann aber nicht zugeben, dass sie jemals gefehlt hätte.

Die ersterwähnte Differenz zwischen meiner und Vogt's Beobachtung erklärt sich daraus, dass Vogt die ersten Anfänge entgangen sind. Den Fortschritt verdanke ich der Güte des Objects. In den spätern Stadien stimmen wir überein und ich denke, der berühmte Verfasser der Embryologie des Salmones wird in meiner Darstellung nur eine willkommene Bestätigung der Deutung sehen, die er jener Erweiterung des Ureters gab.

Der Urnierengang entwickelt sich, wie ich angab, von der Allantois aus nach vorn. Ich sah den Vorgang aber beim Stichling nicht derart sich vollziehen, dass ich behaupten könnte, die Allantois als solche verlängere sich zu einem Kanal. Wäre das der Fall, so

müsste sie gleichzeitig ihre Form mehr ändern. Sie scheint mir vielmehr die Bildung nur einzuleiten, indem sie eine kurze Spitze vorsendet. An diese lehnt sich der Strang an, der nun von Stunde zu Stunde länger erscheint. Das Zusammentreten von Zellen zu seiner Bildung habe ich ebensowenig wahrnehmen können, als dasselbe bei der Entstehung der Chorda gelingt. Dass der Strang gleich hohl ist, kann ich nicht behaupten; mir scheint das Gegentheil wahrscheinlich. Mit Bestimmtheit aber lässt sich aussprechen, dass er zunächst unpaar ist. — Wie erwähnt, erleidet die Continuität der Beobachtung beim Stichling eine Unterbrechung. An den Fischchen, unmittelbar nach dem Ausschlüpfen, sind zwei dicht nebeneinander liegende Gänge durch Präparation nachweisbar. Dasselbe gelang mir bei den eben ausgeschlüpften Embryonen von Gobius minutus und Syngnathus acus, welche letztere ich der Bruttasche entnahm. An Embryonen des Gobius vor dem Ausschlüpfen habe ich durch Präparation, oder ich will lieber sagen durch Zerdrücken einen kurzen unpaaren Stamm gefunden, zu dem beide Gänge sich vor der Blase vereinten. Die Urnierengänge zeigten bereits eine solche Consistenz, dass sie dem Druck länger widerstanden als der Darm und bei dem Druck auf das Deckblatt, der Urwirbel, Centralnervensystem und Darm zerstörte, neben der Chorda bisweilen wohlerhalten sich isoliren liessen. — Wenn ausserdem feststeht, dass bei einigen Fischen ein längerer unpaarer Ureter persistirt, so wird es wahrscheinlich, dass an dem zuerst einfachen Urnierengange eine Theilung vom vordern Ende sich vollzieht. Die Einleitung dazu wird man schwerlich an dem Embryo in situ wahrnehmen können, weil sie mit der Bildung des Darms zusammenfällt.

Diese Urnierengänge, die vorn ohne Erweiterung blind endigen, vollziehen während des Eilebens die Nierenfunction bei den drei obengenannten Fischarten und dass dieselbe energisch von Statten geht, lässt sich daraus entnehmen, dass ich mehrmals in der noch geschlossenen Blase Harnsäureconcretionen fand.

Flimmerbewegung hat in der letzten Zeit des Eilebens wahrscheinlich in der ganzen Länge der Gänge statt, obgleich es mir nie gelungen ist, an ein und demselben Exemplar das Phänomen in solcher Ausdehnung wahrzunehmen. Ich schliesse es daraus, da ich bei verschiedenen Gelegenheiten an verschiedenen Stellen des Verlaufs der Gänge die Bewegung constatiren konnte.

Erst nach dem Ausschlüpfen, und auch dann nicht so bald,

erfolgt die Bildung secundärer Kanäle an den Urnierengängen, also der Beginn der Entwicklung des Drüsenparenchyms.

Da wirft sich denn die Frage auf, ob eine Primordialniere von transitorischer Bestimmung überhaupt noch gebildet wird, nachdem die Entwicklung im Wesentlichen abgeschlossen ist?

Da für die obern Classen der Nachweis geführt ist, dass beide successiv aufeinander folgende Drüsenbildungen aus den Urnierengängen hervorgehen, wird Niemand daran zweifeln, dass auch bei den Fischen eine etwa vorkommende zweite Niere dieselbe Ursprungsstätte habe. Die Frage stellt sich also folgendermassen: Findet an den Urnierengängen an getrennter Stelle die Bildung zweier der Zeit und dem Baue nach unterschiedener Drüsen statt?

Reichert bejaht die Frage nach dem, was er an den Embryonen von Cyprinoiden, die das Ei bereits verlassen hatten, wahrnahm[1]). Er schildert einen Körper, der auf den ersten Blick nach Art des Müller-Wolff'schen Körpers der Froschlarve aus mehreren Kanälchen zu bestehen schien, die sich rosettenförmig um das Ende des Ausführungsganges (Urnierenganges) gruppirten und unter der Wirbelsäule, über der Gallenblase, hart hinter der Wurzel der Brustflossen ihre Lage hatten. Dieser Bau war aber nur ein scheinbarer, denn wurde ein Druck auf den Körper ausgeübt, so lösten sich die Rosetten in einen längern Kanal auf und Reichert vermuthet, dass nur aus den Windungen dieses einen Kanals sich die Drüse zusammensetzt. Einen Glomerulus sah er nicht. Er konnte die Beobachtung an denselben Embryonen nicht continuirlich fortsetzen und blieb über die weitern Schicksale dieses Körpers im Dunkeln. Wenig ältere Fischchen, die er einfing, zeigten bereits die bleibende Niere und an der Stelle, wo die Rosette gelegen hatte, eine röthlich braune körnige Masse. Wie die bleibende Niere gebaut gewesen, worin ihre Kanälchen sich von denen des rosettenförmigen Körpers unterschieden und wie weit die bleibende Niere nach vorn reichte giebt Reichert nicht an.

Mir scheint die Beobachtung nicht ausreichend, um daraus auf das Vorkommen einer Primordialniere bei den Cyprinoiden zu schliessen. Denn, was die Lage anbetrifft, so kann die bleibende Niere sehr wohl bis an diese Stelle reichen, oder um mich anders auszudrücken, es kann die Entwicklung derselben am vordern Ende des Urnieren-

1) Müller's Archiv. 1856. pag. 130.

ganges beginnen, und dieser reicht bis hierher; es kann ferner beim weitern Wachsthum das Lageverhältniss der Theile sich ändern und das vordere Ende ein wenig zurücktreten. Was für eine Primordialniere spräche, wäre die Aehnlichkeit mit demselben Organ der Batrachier. Aber die Aehnlichkeit erweist sich als eine nur scheinbare, denn im Grunde liegt nichts anderes vor, als ein oder einige in den Urnierengang mündende gewundene Kanäle. Aus solchen setzt sich aber im Beginn auch die bleibende Niere der Fische zusammen, denn die Glomeruli treten nicht gleich auf.

Es ist ja schwieriger und erfordert grössere Vorsicht eine auf vereinzelte Wahrnehmung gestützte Behauptung durch den negativen Gegenbeweis zu widerlegen, als ein positiv vorhandenes Verhältniss gegen alle Zweifel sicher zu stellen. So geht es mir im vorliegenden Falle. Ich habe an den mir zugänglichen Embryonen kein Indicium angetroffen, das für die Existenz einer Primordialniere spräche, die der der Batrachia auch nur äusserlich ähnlich wäre, und doch mag ich nicht, ehe ich nicht Cyprinen untersucht habe, Reichert's Angabe in Abrede stellen. Ein klares und unzweideutiges Resultat habe ich nur an einem Fische erzielt, nämlich an Syngnathus acus. Hier entsteht die bleibende Niere aus dem Urnierengange in seiner ganzen Länge, vom Kopf zum Schwanzende vorschreitend, ohne dass eine vorübergehende Drüsenbildung vorher stattgefunden hätte. Junge Exemplare von 20—25 Mm. Länge, die die Bruttasche bereits verlassen hatten und einen Rest des Dottersackes äusserlich nicht mehr gewahren liessen, besassen noch beide Urnierengänge unverändert, die hart nebeneinander in die Blase mündeten. Dass dann noch an den vollkommen entwickelten Fischchen eine vorübergehende Primordialniere sich bilden sollte, war schon physiologisch höchst unwahrscheinlich. Ich traf denn auch an etwas längern Exemplaren kurze blinde Seitenkanäle an, die an schrittweise älteren Individuen successive länger und gewundener erschienen und, wie die Vergleichung mit erwachsenen Fischen lehrte, die bleibende Niere darstellten.

Wenn sich so mindestens für die eine Fischart die obige Frage dahin erledigt, dass die Urnierengänge nur eine secundäre Drüsenbildung produciren, so will ich doch nicht behaupten, dass die Lophobranchier hierin eine wesentliche Ausnahme von dem im übrigen Wirbelthierreich geltenden Gesetze darböten. Ich meine vielmehr, dass den primären Urnierengängen hier die Function und

Bedeutung der Primordialnieren der andern Thiere zukommt. Dies Organ complicirt sich allmälich in aufsteigender Reihenfolge. Die kleine handförmig gestaltete Drüse am obern Ende des Urnierenganges der Batrachier bildet den Uebergang von dem einfachen Schlauch der Fische zum grossen complicirten Organ der höhern Classen. Möglicherweise beginnt die Complication schon innerhalb der Classe der Fische in der Art, wie Reichert es von den Cyprinen angiebt. Das wäre dann immerhin kein fundamentaler Unterschied.

— —

Nachdem die Entstehung und die spätern Schicksale der am Schwanzende des Stichlings entstehenden Blase geschildert sind, läge es ob, die Bezeichnung derselben als Allantois zu rechtfertigen.

Ich gestehe ein, dass es Schwierigkeiten hat sie der Allantois der Vögel und Säugethiere als homolog zur Seite zu stellen. Zwar würde ich den Einwand nicht gelten lassen, den Reichert[1]) gegen Vogt's Deutung der Erweiterung des Ureters als eines hintern Rudiments der Allantois erhebt, dass das wichtigste Criterium für eine Allantois die vasa umbilicalia seien. Denn die vasa umbilicalia haben wesentlich nur die Beziehung zu dem aus der Beckenhöhle herauswachsenden Theil der Allantois, der die Athemfunction übernimmt und gehören der äusseren Lage, dem Exochorion an. Die Allantois des Stichlings bleibt dagegen innerhalb der Beckenbucht zurück und muss mit der innern Lage, dem Epithelialsack verglichen werden. Mag man sie darnach als rudimentär betrachten, so bleibt das Rudiment doch der entwickelten Bildung homolog.

Allein das Bedenkliche bei jener Parallele liegt für mich in der abweichenden Entstehungsweise, wenn man nämlich für die Entwicklung der Allantois der höhern Classen als massgebend ansieht, was Remak[2]) beim Hühnchen beobachtet haben will, dass die erste selbständig auftretende Anlage derselben erst durch das Hineinwachsen einer Ausstülpung des Drüsenblatts der Cloake zum Hohlorgan wird; gerade derjenige Theil also, mit dem ich die Vergleichung aufrecht erhalten möchte, der innere Sack, nähme hier einen durchaus abweichenden Ursprung. — Ganz anders verhielte sich die Sache, wenn

1) a. a. O.

2) Entwicklung der Wirbelthiere. pag. 57.

man die Angaben Reichert's[1]) und Bischoff's[2]) zu Grunde legt, die beide — der erstere nach Beobachtungen am Hühnchen, der letztere für Säugethierembryonen — übereinstimmend aussagen, dass die isolirt entstandene Allantois, nachdem sie zunächst solide erschien, eine Höhle im Innern entwickelt, die dann nachträglich erst die Verbindung mit dem Darm herstellt. Ganz besonders beachtenswerth ist für mich Reichert's Angabe, dass die erste solide Doppelanlage der Allantois sich zeigt, ehe noch der Hinterdarm sich abgeschnürt und gebildet hat, und dass jene schon so früh durch einen feinen Streifen jederseits mit den Urnieren zusammenhängt.

Das würde sich sehr gut vereinen lassen mit dem, was ich am Stichling beobachtete. — Nun erfreut sich allerdings Remack's Darstellung grösserer Anerkennung, als die übereinstimmenden Angaben der beiden andern Forscher. Kölliker[3]) hat sich der erstern unbedingt zugewandt, wie es scheint, mehr aus entgegenkommendem Vertrauen, als in Folge wiederholter Prüfung. Ich selbst kann zu der Frage noch keine eigene Stellung nehmen, meine aber, dass jene Angabe Reichert's, des Entdeckers der ersten Doppelanlage der Allantois, höhere Beachtung verdient, als dass sie durch die einfache Läugnung Remak's als beseitigt betrachtet werden könnte. Findet sich aber, wie Reichert angiebt, eine Verbindung der Doppelanlage mit den Urnieren schon vor der Abschnürung des Darms, dann ist es wohl höchst wahrscheinlich, dass die Höhle der Allantois in dieser Anlage entsteht und nicht erst vom Darm aus hineinwächst.

So lange nun dieser Punkt nicht gelöst ist und so lange nicht auch für die Säugethiere die Art der Vereinigung der Allantois mit dem Darm sicherer aufgeklärt ist, so lange muss, meine ich, das Verhältniss jener Blase zur Nierenanlage als bestimmend bei der Vergleichung gelten. Darnach ist jenes Organ aber eine geschlossene, am hintern Ende der Leibeshöhle gelegene Blase, die mit der Nierenanlage communicirt und in welche das Secret der Primordialnieren ergossen wird. Dasselbe gilt für die Allantois der höhern Classen; daher ist auch das beschriebene Organ des Stichlings als Allantois zu betrachten.

1) Entwicklungsleben im Wirbelthierreich pag. 186.

2) Entwicklung der Säugethiere. pag. 116. 117.

3) Entwicklungsgeschichte des Menschen etc. pag. 108.

Erklärung der Abbildungen auf Taf. XXIV.

Die Abbildungen sind dem Embryo des Stichlings entnommen.

a. Allantois.
b. Urnierengang.
c. Chorda.
d. Hinterdarm.
e. Dotterloch.

Fig. I zeigt den Embryo des Stichlings genau im Profil bei Einstellung seiner Mittelebene in den Focus. Das Dotterloch e ist noch offen an der Rückenseite des Schwanzendes. Die Allantois a als vollkommen geschlossene Blase zeigt ihr regelmässiges Epithel. Gegen den Dotter hin ist dieselbe von einer Ansammlung von Zellen und Fettkugeln umgeben. Die Chorda fällt mit der dunkeln Peripherie der Dotterkugel zusammen und ist daher nicht deutlich.

Fig. II zeigt einen um 24 Stunden ältern Embryo, der nicht die Profillage hat, sondern schräg zum Beschauer gestellt ist. Das Schwanzende desselben wird schräg von der Bauchseite durch die Dotterkugel hindurch erblickt. Von der Allantois a geht der Urnierengang b ab, eine Strecke weit sichtbar. Die Chorda c wächst bereits über die Allantois hinweg.

Fig. III. Hinterende eines isolirten Embryo des Stichlings vom sechsten Tage. Die Allantois (Harnblase) a enthält im Innern Harnsäureconcremente. Nach vorne geht der Urnierengang b ab, dessen Epithel sehr deutlich ist. Der Hinterdarm d ist noch blind wie die Blase.

Zur Entwicklung der Gewebe im Schwanze der Froschlarven.

Von

Prof. C. J. Eberth in Zürich.

Hierzu Taf. XXIV Fig. 1 u. 2 u. XXV Fig. 1—2, 7—25.

Während der zwei letzten Jahre habe ich mit Hülfe des Silbersalpeters und Chlorgolds Beobachtungen über die Entwicklung der Gewebe im Schwanze der Froschlarven angestellt, die theils ältere Angaben bestätigt, theils neue und interessante Resultate geliefert haben. Ueber ersteren Punkt weiter mich zu verbreiten, ist nicht Zweck dieser Zeilen, die vielmehr das Verhalten jener Gewebe bei Anwendung neuerer und sicherer Methoden schildern sollen, worüber bis jetzt keinerlei Mittheilungen vorliegen. Die Gewebe, auf die ich besonders mein Augenmerk gerichtet habe, sind das Cutisgewebe mit den Nerven und die Oberhaut.

Die Cutis und die Nerven.

Der flossenartige Schwanz junger Froschlarven besteht in der ersten Zeit aus einer zelligen Achse und einer homogenen, gallertigen, dieselbe deckenden Platte mit ihrem Epithel. Diese homogene Substanz ist nach Hensen anfangs zellenlos, aber der äusserste Saum derselben ist immer homogen, wenn auch später in der Peripherie des Schwanzes Zellen auftreten. Da die erste Bildung dieser Gallerte ohne Vermittlung in derselben eingeschlossener Zellen erfolgt,

ist sie wohl nach Hensen als ein von der Epidermis geliefertes Secret zu betrachten, in welches von der zelligen Achse des Schwanzes Zellen einwandern. Etwas abweichend ist die Ansicht Remak's, nach welcher die Gallerte mehr ein Secret der zelligen Elemente der Achse wäre.

Diese homogene Substanz verdichtet sich nach Remak an der Oberfläche nicht nur am Schwanz, sondern am ganzen Körper zu einer festeren glashellen Membran, die jedoch Hensen nicht als eine für sich bestehende auffassen kann, da ihm ihre Isolirung nie gelungen ist. Die innere Grenze derselben, äussert er sich, sei nicht scharf, und erscheine nur mitunter durch ein bekanntes optisches Verhalten schärfer, nach Natronzusatz schwinde jede Grenze und die Gallerte breche gleich schwach das Licht. Ja in späteren Stadien wachsen die Ausläufer der Zellen in diese Schicht selbst hinein, so dass man dem entsprechend auf Falten Zelleninhalt findet, und endlich sollten doch Querschnitte bis zum Rande hin spaltbar sein, während nicht die geringste Tendenz zur Spaltbarkeit vorhanden ist. Auch die Lagerung der Nerven in der Oberfläche unterstützten diese Anschauung, wollte man nicht die festere Schicht selbst als Secret des Epithels betrachten.

Ich vermuthe, nur der Umstand, dass Hensen zumeist jüngere Larven untersuchte, bei denen der äusserste homogene Saum verhältnissmässig zart und weich ist und eine wenig von der übrigen Gallerte verschiedene Consistenz besitzt, war der Grund des Misslingens der Isolirungsversuche. Später ist wenigstens bei Bombinator igneus dieser homogene Saum als eine ziemlich feste Membran in kleinen Stücken zu isoliren.

Die Bezeichnung derselben als homogene oder glashelle Membran ist jedoch nur für die früheste Larvenperiode zulässig, indem die betreffende Schicht, wie das schon längst bekannt ist, später Quer- und Längsstreifen erhält, die Remak als Andeutung der mit Kernen besetzten einander durchkreuzenden Bindegewebsbündel betrachtet, welche im entwickelten Zustande den derberen Hauptbestandtheil der Cutis bilden, und wie der genannte Embryologe vermuthet, aus einer Verschmelzung der Zellen hervorgehen.

Die besprochene Schicht ist in der That die junge Cutis, und es ist merkwürdig, wie aus ihr, die anfangs ganz zellenlos ist, später die zellenreiche Cutis sich entwickelt.

Bei jungen Larven besteht diese Schicht aus feinen steifen,

unter rechtem Winkel sich kreuzenden Fasern, wie man dies leicht an Rissstellen sieht. Die ganze Lamelle gleicht einem Gitterwerk mit sehr feinen punktförmigen Lücken. Nirgends trifft man um diese Zeit kernhaltiges Protoplasma in derselben, wohl aber zahlreiche feine Protoplasmafäden, die als Ausläufer der darunter gelegenen Zellen senkrecht die Cutis durchsetzen und bei Flächenansichten als feine Punkte erscheinen. Da diese Protoplasmafäden meist in Reihen gruppirt sind, die sich miteinander verbinden, entsteht an der Oberfläche das Bild eines feinen, durch Punkte angedeuteten Mosaiks.

Verfolgt man die Entwicklung der Cutis bis zum Schluss der Larvenperiode und darüber hinaus, so sieht man, dass die feinen, starren, sie zusammensetzenden Fasern sich leicht kräuseln, mehr das Aussehen lockiger Bindegewebsfibrillen annehmen und sich zu feineren und gröberen Bündeln ordnen, während zugleich die Zwischenräume sich vergrössern. In die erweiterten Lücken schiebt sich von den unterliegenden Zellen Protoplasma vor, welches da und dort schon Kerne führt. Diese Protoplasmaklumpen bilden rundliche und längliche mit Ausläufern versehene Zellen — die jungen Bindegewebszellen der Cutis.

Bevor noch der äusserste Saum des Gallertgewebes im Schwanze sich zu einer festeren Membran verdichtet hat, erscheint an seiner Innenfläche eine sehr zarte, feinkörnige, da und dort Kerne einschliessende Schicht, die anfänglich stellenweise unterbrochen, bald eine zusammenhängende Lage bildet. Am ehesten erinnert dieselbe an die chitinogene Schicht niederer Thiere.

Sieht man aufmerksam zu, so erkennt man in ihr feine, helle, 0,003—0,004 Mm. breite Kanäle von ziemlich gleichem Kaliber und von scharfer, wenn auch zarter Begrenzung, welche unter nahezu rechtem Winkel zu einem zierlichen Netz mit engeren und weiteren Maschen verbunden sind. Fast constant liegt in der Achse dieser Bahnen ein feiner, mattglänzender Faden mit spärlichen aufliegenden Kernen. Stellenweise, aber keineswegs bei allen Thieren, finden sich in diesen Kanälen Anhäufungen feinen schwarzen Pigments; ausserdem enthalten dieselben dicht gedrängt liegende kleine wasserhelle Bläschen, ungefähr von der Grösse menschlicher Blutkörperchen, in einfacher Schichtung, Taf. XXV Fig. 1 a b. Färbende Flüssigkeiten, Anilin und Carmin, besonders aber Höllenstein, lassen noch mancherlei Details in dieser Lage erkennen. Es ist aber

hierfür vor Allem die Entfernung des Epithels nöthig, was man besser als mit Chromsäure durch eine halb- bis einstündige Einwirkung dünner Höllensteinlösungen (1 Gran auf 5 ℥ HO) auf die ganzen Thiere bewirkt. Nach dieser Zeit löst sich die Oberhaut theils durch leichte Bewegung der Flüssigkeit in grosser Ausdehnung los, oder lässt sich mit einem zarten Pinsel leicht entfernen. Bei Anwendung einer grösseren Quantität der Lösung oder bei Erneuerung derselben erhält man dann auch in den oberflächlichsten Schichten des Schwanzes eine gelungene Silberreaction. Auch nach Befeuchten der Thiere mit Aether während 1—2 Minuten stösst sich alsbald das Epithel ab. Zur weiteren Betrachtung kann man sowohl den ganzen Schwanz, wie oberflächliche mit dem Rasirmesser gemachte Schnitte benutzen. Für genaue Controlle sind übrigens erstere Präparate unentbehrlich.

Bei ganz oberflächlicher Wirkung bilden sich Silberniederschläge in den feinen Protoplasmafäden, welche die junge Cutis durchsetzen. Färben sich auch die tieferen Schichten, so treten in der feinkörnigen Lage unterhalb der Cuticula grössere polygonale und sternförmige Felder, Taf. XXV Fig. 1 c Fig. 2 a, und dazwischen meist kernlose kleinere Schaltstücke auf, Taf. XXV Fig. 2 c. Beide sind von leicht geschlängelten schwarzen oder braunen Contouren umgeben, die oft knotige Anschwellungen tragen und öfters auch von grösseren braunen Flecken unterbrochen werden. Ich betrachte diese Flecken als Zwischensubstanz. Am meisten gleichen die grösseren Felder platten sternförmigen Epithelien mit grossem Zellkörper und kleinen Fortsätzen, wie solche öfters in Gefässen angetroffen werden. Zwischen diesen Zellen fallen schon in sehr früher Zeit der Larvenperiode platte, verlängerte spindelförmige Zellen auf, Taf. XXV Fig. 2 a, die erst vereinzelt liegen, später mit ihren Endflächen sich berühren, dann zu einem weitmaschigen Netz zusammentreten, und zwar so, dass meist nur eine Zelle in der ganzen Breite der dieses Netz bildenden Fäden liegt, Taf. XXV Fig. 1 a. Dieses Netz stellt das schon früher erwähnte System heller Strassen oder Kanäle dar, die jedoch in Wirklichkeit keine mit eigner Wand versehene Röhren sind, sondern nur wegen der grösseren Durchsichtigkeit der dieselben zusammensetzenden Zellen sich von der feinkörnigen Umgebung so scharf absetzen, dass sie auf den ersten Blick den Eindruck wirklicher Hohlräume machen. An Hautfalten kann man sich leicht von der Richtigkeit des oben Gesagten überzeugen.

Nach der Versilberung lässt sich das Netz in grosser Ausdehnung und an allen Stellen des Körpers verfolgen. Ueber die Anordnung desselben will ich, da bis jetzt keine Beschreibungen desselben vorliegen, noch Einiges bemerken.

Man unterscheidet deutlich zwei Systeme heller gleichbreiter Fäden, der Quere und der Länge nach verlaufende. Von diesen ziehen die ersteren, Taf. XXIV Fig. 1 a, mit einer leichten Convexität nach vorn in fast gleicher Entfernung von einander, letztere nehmen einen mehr schrägen Curs, Taf. XXIV Fig. 1 b. Die einzelnen Fäden treffen in rechtem Winkel aufeinander und bilden kleinere und grössere, auf kleine Strecken gleichgrosse vier- und vieleckige Maschen, deren längster Durchmesser rechtwinklich zur Körperachse liegt.

Diese anfänglich kleinen Maschen vergrössern sich mit dem Wachsthum, während zugleich die einzelnen Fäden ungefähr um das Doppelte oder Dreifache des früheren Durchmessers sich verbreitern.

Ein Analogon dieses Gitters findet sich in gleicher Anordnung, wenn ich mich recht erinnere, bei den Larven von Alytes, nur mit dem Unterschied, dass dasselbe hier aus schwarzen Pigmentfiguren besteht. Manchmal ist die Pigmentirung sehr schwach und dann sind die Verhältnisse nahezu die gleichen wie bei den Bombinatorlarven.

Unmittelbar unter der Cutis der Froschlarven findet sich also ein Netz miteinander verbundener Spindelzellen, die bald neben dem Kern wasserhelle Bläschen, bald Pigment führen. Dieses Gitter steht in einer besonderen Beziehung zu den Hautnerven.

Letztere nämlich folgen genau jenem Gitter. Schon an den noch lebenden narcotisirten Froschlarven beobachtet man in den hellen Bälkchen jenes Netzes ein oder zwei feine mattglänzende Fädchen, die mit den benachbarten zu einem Netz sich vereinen, Taf. XXIV Fig. 2. Kerne, umgeben von feinen Protoplasmasäumen, liegen diesen Fädchen, besonders an den Knotenpunkten, auf, andere scheinen in den Fädchen selbst ihre Lage zu haben. Schon das Aussehen der letzteren lässt auf den ersten Blick in ihnen Axencylinder vermuthen, eine weitere Verfolgung bis zu gröberen Nerven bestätigt dies. Obgleich sich diese Fädchen durch Carmin und Anilin mit Leichtigkeit färben, gewinnen dieselben dadurch doch wenig an Deutlichkeit. Vorzuziehen ist das Chlorgold, auf welches Reagens ich mich vorzugsweise berufen möchte, wenn ich mit meinem geehrten

Vorarbeiter in Widerspruch gerathe, ohne dass es mir einfallen kann, ein negatives Resultat einem positiven gegenüber zu hoch anzuschlagen.

Nach Hensen ist die Nervenvertheilung eine etwas andere. Fast bis zum Unsichtbaren feine Fädchen sah er an ganz frischen Präparaten die Schwanzfläche überspinnen und zwar so dicht, dass er geneigt ist, manche derselben auf Zellenausläufer zu beziehen. Dieser Befund ist gewiss ganz richtig, nur möchte ich keineswegs die Mehrzahl dieser Fädchen, wie Hensen will, als nervöse bezeichnen und zwar auf Grund der mit Chlorgold erzielten Färbung. Man überzeugt sich bei dieser Methode, dass das dicht unterhalb des genannten hellen Zellennetzes gelegene Nervengitter in der That die peripheren Nerven enthält, von denen aus feine, aber nicht auffallend zahlreiche Reiserchen in die Umgebung ausstrahlen, Taf. XXIV Fig. 2 d. Dazwischen sieht man bei einer geringen Verschiebung des Focus feine, oft anastomosirende Fädchen, die entweder Ausläufer der Gefässe oder der sternförmigen Zellen des Gallertgewebes sind. Hensen hat diese oberflächlichen Nerven richtig erkannt, aber er verlegt einen Theil derselben dicht unterhalb des homogenen Saums und in diesen selbst. Hier habe ich nie Nerven aufzufinden vermocht, doch will ich ihr Vorkommen daselbst schon darum nicht in Abrede stellen, als man schon in der Cutis junger Frösche senkrecht aufsteigende Nervenfasern trifft. Gewiss findet sich in dem Saum keine grössere Nervenmenge, die Hauptmasse der Nerven liegt in dem Nervengitter, von dem aus einzelne, aber im Verhältniss sehr spärliche Ausläufer in jenen Saum treten, die eben nur wegen ihrer geringeren Zahl leicht übersehen werden.

Ich gestehe die Richtigkeit der Hensen'schen Beobachtung besonders bei seiner Methode (Anwendung verdünnter Chromsäure) die ich gleichfalls prüfte, vollständig zu, kann jedoch nicht umhin, die Existenz zahlreicher Nerven in der jungen Cutis schon deshalb zu bezweifeln, als selbst bei der vollständigsten Goldreaction im subcuticulären Nervengitter eine grössere Nervenmenge in der Cutis selbst stets vermisst wurde. — Ich halte darum jenes für die Hauptmasse der peripheren Nerven.

Auch in einem anderen Punkt bin ich im Widerspruch mit Hensen. Dieser läugnet eine netzförmige Verbindung der oberflächlichen Nerven und meint, dass diese scheinbaren Netze durch Kreuzung von Fasern zu Stande kommen. Goldchlorid demonstrirt un-

Eine weitere Beschreibung der Details unterlasse ich, die beigegebenen Abbildungen machen sie leicht entbehrlich, und die Entwicklungsgeschichte wird ohnedies auf manche bis jetzt nur kurz berührte Verhältnisse zurückkommen.

Die jüngsten Entwicklungsstufen dieser Gebilde sind schmale Spindeln von circa 0,001 Mm. Durchmesser und 0,021 Mm. Länge. Diese wachsen sowohl nach der Länge wie in der Dicke. Das äussere Ende krümmt sich oft hakenförmig und umschlingt dann den Kern. Nicht selten finden sich auch viel feinere derartige Formen, Taf. XXV Fig. 8, 10, 11.

Die ringförmigen Körper scheinen theils aus der Vereinigung zweier oder mehrerer sichelförmiger Körper, theils durch Längenwachsthum einfacher Halbringe und spätere Verschmelzung der beiden Enden zu Stande zu kommen, theils als ursprünglich geschlossene Ringe zu entstehen. Der Kern erscheint in diesem Falle zuerst von einem hellen, gegen das Zellenprotoplasma wenig abgegrenzten Hof umgeben, der sich mehr und mehr, indem er an Lichtbrechungsvermögen gewinnt, von dem feinkörnigen Zelleninhalt abhebt und schliesslich den Kern sehr innig umschliesst. Nur im Umkreise des Kerns befinden sich diese Ringe. Taf. XXV Fig. 12, 13, 14, 15.

Flächenansichten der Zellen überzeugen, dass die Oberfläche des Kerns zum grössten Theil frei ist, und dass letzterer nie, wie man etwa aus Längsansichten vermuthen könnte, von einer Kapsel vollständig umschlossen wird. Taf. XXV Fig. 7 b. Die gröberen, in feinere Reiser zerfaserten Fäden schienen mir mehr aus einer Verschmelzung mehrerer getrennter Fäden, als durch eine Auffaserung und Zerspaltung eines stärkeren einfachen Fadens hervorzugehen. Später durchbrechen besonders die längeren fadenförmigen Körper das verschmälerte untere Ende der sie umschliessenden Zellen, nachdem vorher die Rindenschicht der letzteren resorbirt wurde. Die Zellen gleichen jetzt mit einem verlängerten Hals versehenen flaschenähnlichen Gebilden. Diese Resorption tritt oft schon sehr früh ein, bevor noch die eingeschlossenen Körper eine ansehnliche Grösse erreicht haben. Der Schwund der Zellhülle geht also dem Durchbruch jener Körper voraus. Taf. XXV Fig. 10, 11, 16, 18, 24, 25. Dass hier nicht eine Verletzung durch die Präparation solche Formen erzeuge, kann man leicht constatiren. Faltet man die mit der Epidermis noch überkleidete Cutis, so sieht man die Zellen kappenförmig über die eingeschlossenen Körper gestülpt, die sehr constant

mit verbreiterten Füssen und zwar ziemlich fest der Cutis aufsitzen. Taf. XXV Fig. 18, 19, 25. Mit einem zarten Pinsel kann man dann leicht die Zellen entfernen, aber die Fäden haften fest und an Falten der so behandelten Cutis erscheint dann die Oberfläche der letzteren mit zahlreichen zierlichen glänzenden Stäbchen und Fäden bedeckt.

Nur ein Theil der in den Zellen gebildeten Körper geht also diese Verbindung oder innige Adhäsion mit der äusseren Cutisfläche ein. Es sind das die faden- und stabförmigen Gebilde. Nur wenige von diesen machen eine Ausnahme. Zu diesen gehören zierliche, achterförmige Schlingen bildende Fäden mit nach Oben gelegenen Enden. Taf. XXV Fig. 24.

Nie habe ich mich überzeugt, dass die glänzenden Körper vollständig das Innere der Zellen erfüllen; ein kleinerer oder grösserer Theil des Protoplasma mit einem einfachen oder in Theilung begriffenen Kern war immer noch erhalten.

Das erste Erscheinen dieser Körper beobachtete ich an Froschlarven von $3^1/_2$ Centimeter Länge. Sie fanden sich auf der ganzen Haut, am reichlichsten am Vorderleib.

Ueber ihr Verhalten zu Reagentien noch einige Worte. Goldchlorid färbt dieselben nicht. Mit Carmin und Jod imbibiren sie sich gleich rasch und intensiv wie der Zelleninhalt. Jod und Schwefelsäure färbt sie gelb. Anilin, Indigcarmin, Silbersalpeter und Chromsäure rufen die entsprechenden Färbungen hervor. Kali und concentrirte Essigsäure zerstörten dieselben langsamer als die Zellen. In verdünnter Schwefelsäure erblassen sie etwas. Fuchsin ist zu ihrer Untersuchung, da es sie bei mässiger Concentration früher färbt als den übrigen Zelleninhalt, sehr empfehlenswerth. Am meisten empfehlen sich Methoden, welche eine leichte Isolirung der Zellen gestatten, was durch ein kurzes Verweilen in dünner Chromsäure oder Müller'scher Flüssigkeit erzielt wird.

Was ist nun die Bedeutung dieser Körper? Ich gestehe offen, dass ich die Frage unbeantwortet lassen muss. Zuerst dachte ich an pathologische Bildungen und hielt sie für Producte eines während der Gefangenschaft aufgetretenen degenerativen Prozesses. Aber es stimmte damit nicht, dass die äussere Epidermisschichte stets von dergleichen Formen frei blieb, und dass ich sie später auch an ganz frisch eingefangenen Froschlarven fand.

Auch eine Verbindung derselben mit Nerven vermuthete ich in der ersten Zeit, bevor ich die Untersuchungen über ihre Entwick-

lung begonnen hatte. Die Beobachtung wies die Vermuthung als irrig nach.

Ich blieb schliesslich dabei stehen, dass es sich wohl um verwandte Bildungen handelt, wie sie in der Haut der Petromyzonten vorkommen. Nur ist auch hier der Unterschied, dass letztere in den verschiedensten Schichten der Epidermis liegen. Vielleicht gehören hierher auch die Zellen mit fadenförmigem Inhalt in der Oberhaut der Myxinoiden. — Die späteren Schicksale der geschilderten Bildungen konnte ich ebensowenig vollständig erforschen. Nur das Eine weiss ich, dass sie, so zahlreich sie auch bei Larven sind, indem auf kleinen Strecken jede Zelle dieselben enthält, wie die Flächenansicht Taf. XXIV Fig. 7 zeigt, bei erwachsenen Thieren vollständig fehlen. Nur bei ganz kleinen Fröschen habe ich sie da und dort zwischen den Zellen wieder gefunden. Es scheint, dass die Epithelien, welche diese Bildungen liefern, später zu Grunde gehen oder sich abstossen. Das Nähere dieses Vorgangs zu ermitteln, erstrebte ich vergebens.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. XXIV.

Fig. 1. Oberflächliches Zellennetz. System 4 und Ocular 3 Hartnack a schräg zur Körperachse gelegene Fäden dieses Netzes, b der Quere nach verlaufende Fäden, A Kopf, B Schwanzgegend.

Fig. 2. Oberflächliches Gitter der Hautnerven. a Contouren des Zellennetzes, b Nerven, c diesen aufliegende, kernhaltige Protoplasmahäufchen, d in die Umgebung ausstrahlende feinste Nerven. System 7 und Ocular 3 Hartnack.

Taf. XXV.

Fig. 1. a Zellen des oberflächlichen Zellennetzes mit Kernen und wasserhellen Bläschen b, c Zellen der feinkörnigen unterhalb der Cutis gelegenen Schichte. Höllensteinpräparat. System 9 und Ocular 3 Hartnack.

Fig. 2. a die zum Zellennetz zusammentretenden verlängerten Zellen, b die mehr sternförmigen abgeplatteten Zellen, c kernlose Schaltstücke, d Zwischensubstanz. Von einer jüngeren Larve. Höllensteinpräparat. System 10 mit Immersion und Ocular 3 Hartnack.

Von den Figuren 7 – 25 sind alle, mit Ausnahme von Fig. 8 und Fig. 9 B 2 mit Ocular 3 und Immersion 10 Hartnack gezeichnet. Fig. 8 mit System 8 und Ocular 3. Fig 9 B 2 nach dem Microscopbilde vergrössert.

Fig. 7. Flächenansicht der unteren Epidermisschicht der Larve von Bufo igneus. a Flächenansichten und Querschnitte feinerer senkrecht stehender, stabförmiger Gebilde einer glänzenden Substanz. b Flächenansichten und Querschnitte keulen- und halbringförmiger Körper der gleichen Masse. c Zellenkerne.

Fig. 8. Senkrechter Schnitt durch die Epidermis der Krötenlarve a untere unmittelbar der Cutis aufsitzende Lage keulenförmiger Zellen, die theils vereinzelte. theils mehrfache stab- und spindelförmige Körper enthalten. b äusserste Epidermisschichte.

Fig. 9. A Flächenansicht des Cuticularsaums der äussersten Epidermislage. A 1 Flächenansicht der äussern leicht knopfförmig angeschwollenen Enden der im Cuticularsaum gelegenen Stäbchen.

Fig. 9. B 1 Eine Zelle der obersten Epidermislage isolirt. B 2. Ihr Cuticularsaum nach dem Microscopbild vergrössert gezeichnet.

Fig. 10 u. 11. Zellen mit stab- und spindelförmigen Körpern. Bei a die Rindenschicht der Zelle resorbirt und letztere geöffnet.

Fig. 12. A B Geschlossene Zellen mit ringförmigen, den Kern umschliessenden glänzenden Körpern.

Fig. 13. Eine solche Zelle mit nicht vollkommen geschlossenem Ring.

Fig. 14 A B Zellen mit ringförmigen Körpern, welche bereits die Rindenschicht der ersteren durchbrochen haben.

Fig. 15. Zelle mit stab- und sichelförmigen Körpern.

Fig. 16. Zelle mit einem leicht hakenförmigen Körper, bei a die Rindenschicht der Zelle von letzterem perforirt.

Fig. 17 u. 18. Zellen mit peitschenförmigen Gebilden. Bei 18 B hat der verbreiterte Fuss eines solchen die Zelle durchbrochen.

Fig. 19. Zelle mit einem grösseren zerfaserten glänzenden Stäbchen.

Fig. 20. Zelle mit einem schleifen- und Fig. 22 eine solche mit hakenförmigem Körper, A B verschiedene Lagen der gleichen Zelle.

Fig. 21. 23, 24, 25. Zellen mit mehrfachen theils getrennten, theils zusammenhängenden stab- und fadenförmigen Gebilden.

Zur Entwicklungsgeschichte der Muskeln.

Von

Prof. C. J. Eberth in Zürich.

Mit Fig. 3–6 auf Taf. XXV.

In einem Artikel über die morphologischen Elemente der quergestreiften Muskeln (Archiv für pathol. Anatomie Bd. 32 Heft 1) habe ich mich dahin ausgesprochen, dass das Herz nicht nur bei den niederen, sondern auch bei den höheren Wirbelthierclassen bei erwachsenen Thieren noch aus selbständigen Zellen besteht. Diese Thatsache hat, indem sie für das Herz einen einheitlichen Bildungsmodus feststellte, dasselbe der Sonderstellung, die es rücksichtlich seiner Zusammensetzung gegenüber den Stammesmuskeln behauptete, entrückt und auch für die sämmtlichen quergestreiften Muskeln ein durchgreifendes Gesetz der Entwicklung constatirt.

Denn seit Eilhard Schulze's Untersuchungen[1]) über die quergestreiften Muskeln ist es wohl keinem Zweifel mehr unterworfen, dass jede Muskelfaser aus einer Zelle hervorgeht. Schulze hat sich hiervon an den Schwanz- und Stammesmuskeln von Bombinator igneus und Tritonenlarven überzeugt. Er fand, dass die einzelnen Fasern der zwischen den bindegewebigen Scheidewänden gelegenen Muskelmassen, die sich also hier wie an wenig anderen Orten von ihrem Ursprung bis zu ihrer Insertion verfolgen lassen, grösstentheils vielkernige Zellen sind, zwischen denen aber auch viele einkernige Zellen mit mehrfachen Kernkörperchen liegen. Die Entfernung der bindegewebigen Septa voneinander betrug genau die Länge der einzelnen Fasern. Damit ist die Behauptung von einer Verschmelzung

1) Reichert's und DuBois-Reymond's Archiv etc. 1862, p. 585.

einzelner Muskelzellen an den Endflächen widerlegt. Aber ebensowenig war es möglich eine seitliche Verwachsung zu constatiren. Hätte diese statt, so müssten ja mehrere Kerne in einem Muskelquerschnitt zwischen den Fibrillen getroffen werden, was nie bestätigt worden. Soweit dürfte, was die Wirbelthiere betrifft, diese Angelegenheit als erledigt gelten.

Nicht das Gleiche lässt sich von der Muskelentwicklung besonders der höheren Wirbellosen sagen, worüber auch im Allgemeinen noch wenig Material vorliegt. Ich finde bei meinen Untersuchungen über Muskelentwicklung, dass manche Angaben einer Berichtigung bedürfen. Hier will ich zunächst nur mittheilen, was ich über die Entwicklung der Spinnenmuskeln beobachtet. (Recherches sur l'evolution des Araignées. Utrecht 1862.)

Claparède hat hierüber zuerst bei Lycosa agretica Untersuchungen angestellt. Hier fand er die Muskeln zusammengesetzt aus spindelförmigen Zellen ähnlich den Elementen der Spindelzellensarcome. Diese Zellen ordnen sich nach ihm dann in Längsreihen und gruppiren sich zu Bündeln, die, während die Kerne unbestimmt werden, an Festigkeit gewinnen. Es ist damit aber keineswegs bestimmt genug ausgesprochen, in welcher Weise die Entwicklung der Muskelfasern erfolgt.

Ich habe meine Beobachtungen an Embryonen und Jungen mehrerer Arachniden in verschiedenen Entwicklungsstadien gemacht. Besonders geeignet fand ich die Muskulatur der Palpen, weil es hier gelingt, die einzelnen Muskelzellen vom Ursprung bis zur Insertion zu verfolgen, ohne jedoch die Muskulatur des Stammes von der Untersuchug auszuschliessen. Ohne Benutzung von Reagentien ist es indess kaum möglich gute Isolirungspräparate zu erhalten. Ich bediente mich hierzu Lösungen des chromsauren Kali, in denen ich die Thiere einige Tage conservirte und dann nach Zusatz von Glycerin mit feinen Nadeln unter dem einfachen Mikroskop sorgfältigst zerzupfte. Noch rascher und gleich gut wirkt das 35procentige Kali. Die Muskeln der Palpen bestehen bei Embryonen aus circa 0,036 Mm. langen, einkernigen, aus feinkörnigem Protoplasma bestehenden Spindelzellen. Querstreifung erscheint in ihnen erst, wenn sie sich in der Länge um das Doppelte vergrössert haben. Jede Zelle füllt den Raum zwischen Ursprung und Insertion genau aus, aber keineswegs so, dass die Enden sämmtlicher Zellen in einer Ebene liegen, und man trifft darum auch innerhalb des Muskels noch Sehnenfasern,

welche an die entfernteren Muskelzellen herantreten. Es finden sich also kürzere und längere Zellen in einem Muskel. Diese Grössenverschiedenheit ist nicht allein durch die Gestalt des ganzen Muskels, welcher ein ungleichschenkliches Dreieck darstellt, bedingt.

Später beobachtet man Theilungsvorgänge an den Kernen, welche durch eine Vermehrung der Kernkörper eingeleitet werden. Man trifft dann Kerne mit 2 und 3 Nucleolis, die sich in eben so viele Tochterkerne theilen. Diese rücken mehr und mehr auseinander gegen die Enden der Fasern, wobei sie aber in dieser Periode die Achse der Zellen nicht oder nur wenig verlassen. In manchen Zellen jedoch liegen die Kerne sehr oberflächlich. Da die Kerne stets hintereinander aber nie nebeneinander angetroffen werden, ist bewiesen, dass auch keine seitliche Verschmelzung der Zellen existirt.

Die Vergrösserung in die Breite geschieht nur durch Wachsthum, aber nicht durch Verschmelzung mehrerer Zellen. Erst später rücken von den in der Achse gelegenen Kernen einzelne gegen den Rand.

Die Beschaffenheit der freien Enden der Muskelzellen schützt gegen eine Verwechslung mit Bruchstücken. Die Enden fast aller Zellen sind fein zugespitzt oder gefranzt, während Bruchstücke quere, leicht körnige Endflächen zeigen. Die gleichen Verhältnisse ergaben die Muskeln des Stammes.

Somit glaube ich für die Muskelfasern der Spinne nachgewiesen zu haben, dass jede derselben aus einer einzigen Zelle ihren Ursprung nimmt.

Erklärung der Abbildungen auf Taf. XXV.

Fig. 3–6.

Fig. 3. a Muskelzellen aus den Palpen eines älteren Spinnenembryo.
b Muskelzellen der Palpen eben ausgeschlüpfter Spinnen.

Fig. 4 u. 5. Muskelzellen junger Spinnen mit in Theilung begriffenen Kernen.

Fig. 6. Muskelzellen aus den Palpen etwas älterer Spinnen mit reihenweise gruppirten Kernen.

Kleinere Mittheilungen

von

Prof. E. Neumann zu Königsberg in Pr.

1. Krystalle im Blute bei Leukämie.

Im Juli d. J. starb in der hiesigen medicinischen Klinik ein an lienaler Leukämie leidender Mann von mittleren Jahren. Die von mir angestellte Autopsie ergab, abgesehen von der exquisit leukämischen Beschaffenheit des Blutes, eine sehr beträchtliche hyperplastische Vergrösserung der Milz, in deren Peripherie ausserdem zahlreiche, meist keilförmige, käsige Infarkte sich befanden, eine ebenfalls sehr bedeutende Vergrösserung der Leber, bedingt durch diffuse lymphatische Wucherungen im interstitiellen Bindegewebe derselben, und eine mit Zertrümmerung der Hirnsubstanz verbundene, in die Seitenventrikel perforirte Hämorrhagie einer Hirnhemisphäre, welche letztere ohne Zweifel den ganz plötzlich erfolgten Tod des Kranken bewirkt hatte. Mein besonderes Interesse erregte eine eigenthümliche Krystallbildung, welche in dem der Leiche entnommenen Blute bereits mehrere Stunden nach der Obduktion begann und im Laufe der nächsten Tage in der Art zunahm, dass in jedem Tropfen des Blutes eine grosse Zahl von Krystallen sich vorfand.

Dieselben stellten sich grossentheils als sehr zierliche, regelmässig geformte, farblose, stark glänzende schmale Spindeln dar. Eine nähere Betrachtung liess die Form eines langgezogenen Oktaeders erkennen, indem nämlich jede Hälfte eine vierseitige Pyramide darstellte, deren Grundfläche einen flachen Rhombus bildete. Einzelne nicht vollständig ausgebildete Krystalle hatten abgestumpfte

Spitzen, ja in einigen Fällen waren die Krystalle gleichsam nur zur Hälfte gebildet, indem sie aus einer einfachen vierseitigen Pyramide mit abgerundeter Basis bestanden. Die Länge der ausgebildeten Krystalle schwankte zwischen 0,016 bis 0,075 Mm., die Winkel des optischen Längsschnittes derselben betrugen, nach einer photographischen Abbildung, welche ich der Freundlichkeit des Hrn. Dr. Benecke verdanke, gemessen, etwa 18° und 162°. Die Krystalle waren meist einzeln zerstreut, seltener lagen zwei oder drei derselben nebeneinander gekreuzt.

Die Prüfung mit Reagentien ergab Folgendes: in kaltem Wasser waren die Krystalle unlöslich; in kochendem Wasser verschwanden sie, ob durch Auflösung oder Zersetzung, wage ich nicht zu entscheiden, doch möchte ich letzteres annehmen, da es mir nie gelang, sie bei der Abkühlung wieder herauskrystallisiren zu sehen. Alcohol, Aether, Chloroform griffen die Krystalle selbst bei längerer Einwirkung nicht an, ebensowenig Glycerin, in welchem sie nur matter und weniger lichtbrechend erschienen. Essigsäure, Weinsteinsäure, Phosphorsäure bewirkten sehr schnelle Lösung, ebenso Kali und Natron selbst in sehr diluirtem Zustande. Eigenthümlich verhielten sich die Mineralsäuren, von denen ich die Salz-, Salpeter- und Schwefelsäure prüfte. Erstere beiden bewirkten in starker Verdünnung eine Lösung, in concentrirterem Zustande hingegen widerstanden ihnen die Krystalle und zeigten nur insofern eine Veränderung, als sie ihre ursprüngliche starre Beschaffenheit verloren und vielmehr biegsam wurden, was sich namentlich an einer hakenförmigen Umkrümmung der spitzen Enden zu erkennen gab. Die Krystalle erhielten hierdurch entweder eine Sförmig gebogene oder halbmondförmige Gestalt, jenachdem beide Spitzen sich nach der entgegengesetzten oder nach derselben Seite krümmten. Oefters kamen hierbei auch zackige Corrosionen der Ränder oder helle, wie kleine Höhlungen oder Vacuolen sich ausnehmende Flecken im Innern der Krystalle zum Vorschein. Ebenso nun verhielt sich die Schwefelsäure, die jedoch in ganz concentrirtem Zustande wiederum eine Zerstörung bewirkte, so dass hier nur eine mittlere Concentration derselben die Eigenschaft hatte, die Krystalle zu erhalten. Ammoniak löste die Krystalle sehr langsam, so dass ein mehrmaliges energisches Behandeln des Objekts mit dem Reagens auf dem Objektglase nicht genügte, um diesen Effekt zu erreichen, und vielmehr eine mehrstündige Einwirkung hierzu erforderlich war. Gegen die

Fäulniss endlich erwiesen sich die Krystalle äusserst resistent, so dass das Blut, nachdem es mehrere Wochen unter öfterem Zusatze von Wasser, um das Eintrocknen zu verhüten, gestanden hatte und bereits ganz mit Pilzbildungen bedeckt war, trotzdem die Krystalle unversehrt wahrnehmen liess. — Ich bemerke, dass, wie sich übrigens von selbst versteht, die beschriebenen Krystalle in allen Organen in grösserer oder geringerer Zahl gefunden wurden. Besonders abundant war ihre Abscheidung in der Leber, die ausserdem an ihren Oberflächen einen Tyrosinbeschlag in den nächsten Tagen nach der Sektion zeigte.

Ueber die chemische Natur der Krystalle vermag ich aus den angegebenen Reaktionen Nichts anzugeben und ich beschränke mich darauf, auf einige Fälle hinzuweisen, in welchen offenbar dieselben Bildungen beobachtet wurden. Unserem Falle am nächsten steht ein Fall von Magitot und Charcot, dessen Beschreibung mir leider im Original nicht zugänglich ist. Es befindet sich derselbe in der Gazette hebdomad. 1860 Nr. 47 und betrifft gleichfalls ein leukämisches Individuum, in dessen Blute die Krystalle sich fanden. Form und Reaktionen derselben stimmten mit der oben gegebenen Beschreibung vollständig überein, nur geben die Verfasser an, dass die Krystalle in Schwefel- und Salzsäure löslich, in Salpetersäure dagegen unlöslich waren; ich zweifle nicht, dass eine genauere Prüfung unter Berücksichtigung der Concentrationsverhältnisse der angewandten Säuren zu denselben Resultaten geführt hätte, wie in unserem Falle. Ob die von Robin und Charcot in einem anderen Falle von Leukämie in der Milz gefundenen Krystalle hierher gehören, muss dahingestellt bleiben, da eine genauere Beschreibung derselben mir nicht bekannt ist. Dagegen sah E. Wagner (Archiv d. Heilkunde III. pag. 379) bei einer im Wochenbett plötzlich Verstorbenen in einem weichen, graugelben, einen Pfortaderast erfüllenden Thrombus, der fast ganz aus farblosen Blutzellen bestand, Krystalle, die nach der gegebenen Schilderung mit den unseren identisch waren. Endlich schliessen sich hier noch einige Fälle an, wo die Krystalle in den Sputis gefunden wurden, so von Förster (Atlas der patholog. Anatomie Taf. XXXIII Fig. 4) und von Friedreich (Virchow's Archiv XXX pag. 382). Wenn Letzterer die Krystalle übrigens für Tyrosin erklärt, so muss ich hiergegen erinnern, dass weder ihre Schwerlöslichkeit in Ammoniak, dessen Einwirkung Friedreich gar nicht geprüft zu haben scheint, noch das beschrie-

bene Verhalten zu Mineralsäuren, dessen Friedreich nicht gedenkt, indem er nur kurz angiebt, die Krystalle würden durch Mineralsäuren gelöst, mit dieser Annahme im Einklange stehen. Da sich in der Leber, wie bereits erwähnt, in unserem Falle neben den fraglichen Krystallen unzweifelhafte Tyrosinkrystalle bildeten, so konnte ich mich sehr bestimmt überzeugen, dass letztere sich sowohl im Ammoniak als in Mineralsäuren von derjenigen Concentration, welche sich für jene unschädlich erwies, leicht und schnell lösten; übrigens ergab mir auch die mit dem Blute angestellte Piria'sche Probe ein negatives Resultat. — Auch Harting (das Mikroskop pag. 458) scheint ein Mal dieselben Krystalle in Sputis gefunden zu haben. Die von ihm hingeworfene Vermuthung, dass sie aus phosphorsaurem Kalk beständen, erledigt sich aus den oben beschriebenen Reaktionen.

2. Corpuscula amylacea in der Galle.

H. v. Meckel macht in seiner Mikrogeologie pag. 62 die Angabe, dass sich bei katarrhalischen, zur Gallensteinbildung führenden Zuständen der Gallenblase in dem Secrete derselben concentrisch geschichtete, den pflanzlichen Amylumkörnern ähnliche theils kuglige, theils scheibenförmige mikroskopische Gebilde vorfänden, von denen die grösseren ausserdem eine vom Mittelpunkte ausgehende, strahlige Zeichnung darböten. Ueber die chemische Natur dieser kleinen Concretionen äussert sich Meckel dahin, dass die kleineren derselben aus »Kalk mit viel organischer galliger Substanz« beständen, die grösseren »mehr Kalkbase« enthielten. Dieselben Bildungen scheint Frerichs (die Leberkrankheiten Bd. II pag. 485 Anm.) gesehen zu haben. Eine vor Kurzem gemachte Beobachtung setzt mich in den Stand, diese Angaben zu ergänzen. Bei einem an Pneumonie gestorbenen Manne, dessen Sektion ich im hiesigen städtischen Krankenhause anstellte, fand ich die Gallenblase, mit einer grossen Zahl bis erbsengrosser facettirter Cholesterinsteine angefüllt und ihre übrigens normalaussehende Schleimhaut mit einer zähen, rothbraunen Schleimschicht bedeckt. Bei der mikroskopischen Untersuchung dieses Schleimes zeigten sich ausser einer amorphen braunen Körnermasse und farblosen glänzenden Krystalldrusen (kohlensaurer Kalk?) zahlreiche, den bekannten Amyloiden der Prostata frappant

ähnliche Körper. In ihrer Grösse blieben sie hinter diesen freilich bedeutend zurück, denn die grössten derselben, die ich fand, hatten nur einen Durchmesser von 0,028 Mm. und die meisten waren nicht ein Mal so gross. Ihre Form war zum Theil kreisrund, andere waren eiförmig oval gestaltet, noch andere hatten keine regelmässig abgerundete Form, sondern stellten sich als Drei- oder Vierecke mit abgerundeten Ecken dar. Alle zeichneten sich durch eine sehr deutliche concentrische Schichtung aus und war die Zahl der Schichten im Allgemeinen um so grösser, je bedeutender der Umfang des Körperchens, doch hatten die einzelne Schichten häufig sehr ungleiche Dicke. Bisweilen schienen die Schichten nicht unmittelbar aufeinander abgelagert, sondern durch einen schmalen kreisförmigen Spalt voneinander getrennt zu sein. In dem Centrum der meisten Körper endlich, namentlich der grösseren, markirte sich deutlich eine kleine Höhle, von welcher aus in radiärer Richtung Spalten gegen die Peripherie mehr oder weniger weit vordrangen. Sämmtliche Körperchen zeichneten sich durch einen starken fettähnlichen Glanz und eine sehr lebhafte, offenbar durch imbibirten Gallenfarbestoff bedingte, gelbe Färbung aus. Ich war nun begierig, zu prüfen, ob die Körperchen die für die Amyloide charakteristische Jodreaktion zeigen würden, und fand meine Erwartung bestätigt. Zusatz wässriger Jodlösung bewirkte sofort eine deutliche Farbenveränderung, die gelbe Farbe ging in ein anfänglich blasses, später gesättigter werdendes Grün über, das bei fernerem Zusatze von verdünnter Schwefelsäure einen mehr blaugrünen Ton annahm. Schwefelsäure für sich bewirkte eine rubinrothe Färbung. Ich stehe demnach nicht an, die in diesem Falle von mir beobachteten Gebilde als Corpora amylacea zu bezeichnen und sie somit den Amyloiden des Nervensystems, der Prostata, der Lungen anzureihen. Ueber die Bildungsweise derselben gelang es mir nicht, nähere Aufschlüsse zu gewinnen; jedenfalls sah ich Nichts, was für Meckel's Annahme spräche, dass dieselben innerhalb der Gallenblasenepithelien ihren Ursprung nehmen; wahrscheinlicher ist es mir, dass sie einer Metamorphose der ganzen Zelle ihre Entstehung verdanken. Für diese Vermuthung möchte ich den Befund einiger tonnenförmig gestalteter Körperchen mit einem centralen kernartigen Gebilde anführen, welche dieselbe Reaktion auf Jod zeigten.

3. Psorospermien im Darmepithel.

Von mehreren Seiten bereits, so namentlich von Klebs (Virch. Archiv Bd. XVI pag. 188) und von Waldenburg (ebend. Bd. XXIV pag. 161) ist das Vorkommen der bekannten Kaninchenpsorospermien innerhalb der Epithelien der Darmschleimhaut constatirt worden. Da diese Beobachtungen jedoch neuerdings durch L. Stieda (Virch. Archiv Bd. XXXII pag. 136) in Zweifel gezogen worden, so theile ich hier einige das interessante Faktum bestätigende Beobachtungen mit, welche ich im Laufe dieses Sommers zu machen Gelegenheit hatte. Bei mehreren Kaninchen, die ich untersuchte, fanden sich auf der Schleimhaut des Dünndarms in mehr oder weniger grosser Verbreitung zahlreiche, milchweisse, etwas erhabene Fleken von verschiedener Grösse und unregelmässiger Form, ohne scharfe Grenze in die normale Schleimhaut übergehend. Ein leichtes Herüberstreifen mit dem Messerrücken, ja schon ein etwas kräftiger Wasserstrahl genügten, um diese Flecken zu entfernen und die darunter gelegene entweder ganz normale oder stark injicirte Schleimhaut blosszulegen. Bei der mikroskopischen Untersuchung des von diesen weissen Stellen abgestrichenen rahmigen Saftes zeigten sich nun die Epithelien fast durchweg mit Psorospermien erfüllt, so dass nur sehr vereinzelte Zellen davon frei waren und als normal bezeichnet werden konnten, auch die epithelialen Auskleidungen der Lieberkühn'schen Drüsen waren in gleicher Weise verändert, sie lösten sich in grosser Zahl im Zusammenhange ab. Ausserdem fanden sich zwar sehr viele Psorospermien in freiem Zustande im Darmschleime vor, die Zahl der in Zellen eingeschlossenen war jedoch bei weitem überwiegend. Was nun die verschiedenen Formen betrifft, unter welchen die Psorospermien sich darstellten, so gelang es leicht, eine Entwicklungsreihe derselben zu verfolgen und zwar in einer Vollständigkeit, wie sie bei den bisherigen Beobachtungen unter intracellulären Psorospermien nicht vorhanden gewesen zu sein scheint. Es zeigten sich nämlich von den vollständig ausgebildeten elliptischen Formen von 0,024 Länge und 0,012 Breite mit eiförmiger, glänzender, doppeltcontourirter Schale und granulirtem kernhaltigem Inhalt, der entweder den ganzen Raum innerhalb der Schale ausfüllte oder nur eine kuglige Anhäufung in denselben bildete, alle Uebergänge bis zu den niedrigsten Entwicklungsstufen, welche sich als einfache kleine Körnerhaufen von 0,002 bis 0,004 Durchmesser darstellten.

Verfolgte man die Reihe von diesen Anfängen aufwärts, so sah man die Körnerhaufen allmählig an Umfang zunehmen, dabei gleichzeitig eine gröbere Granulirung annehmen und sich dann mit einer anfangs feinen, einfach contourirten, später dickeren, doppeltcontourirten Schale bekleiden. Ein kernartiges Gebilde im Innern der Körnermasse war zwar oft, jedoch keineswegs constant zu erkennen. Ammoniakalische Carminlösung färbte die jüngeren, hüllenlosen Formationen sehr lebhaft; wo jedoch eine dicke glänzende Schale ausgebildet war, blieb nicht nur diese selbst ungefärbt, sondern sie liess den Farbstoff auch nicht in die im Innern enthaltene Körnermasse eindringen. Die Zahl der in den einzelnen Zellen enthaltenen Psorospermien war selten einfach, sondern meist lagen mehrere, 2, 3 bis 6 in einer Zelle zusammen und zwar liess sich in der Regel beobachten, dass die einer Zelle angehörenden Psorospermien sämmtlich entweder den jüngeren oder den reiferen Entwicklungsformen angehörten, doch kamen hiervon auch häufige Ausnahmen vor, so dass jüngere und ältere Formationen in einer Zelle nebeneinanderlagen. Entsprechend der Zahl und Grösse der in ihnen eingeschlossenen Psorospermien hatten nun die Zellen oft nicht nur eine mehr oder weniger bedeutende, zum Theil kolossale Vergrösserung erfahren, sondern waren auch in ihrer Form wesentlich verändert, so dass sie die normale cylindrische Form verloren und an Stelle derselben eine breite, platte, Pflasterepithelien oder grossen Krebszellen ähnliche angenommen hatten. Am wenigsten deform waren diejenigen Zellen, welche die Jugendzustände der Psorospermien enthielten, hier hatten die Zellen mit ungefährer Erhaltung ihrer normalen Form nur an Länge und Breite mehr oder weniger zugenommen und man sah in ihnen eine grössere Zahl, 4, 5, 6 granulirte Körperchen in einer Reihe hintereinander liegen. Gerade diese Formen hatten übrigens eine täuschende Aehnlichkeit mit endogenen Bildungen und sicher würde jeder Beobachter sie für solche erklärt haben, der nicht die Uebergänge zwischen ihnen und den vollendeten Formen, die natürlich keine Verwechslung zuliessen, zuvor beobachtet hätte. Uebrigens sah man die jungen Psorospermien fast immer von einem hellen Hofe umgeben und durch denselben von dem Zellprotoplasma getrennt, was die Aehnlichkeit des Aussehens mit einer endogenen Bildung innerhalb sogen. Bruträume noch erheblich steigerte und ausserdem den Gedanken nahe legte, ob die sogen. Psorospermienschale nicht vielleicht ein Produkt der Zellen

selbst sei, deren Protoplasma im Umfange der Psorospermien sich zu einer derben Kapsel verdickte. Was den Kern der Epithelien anbetrifft, so habe ich denselben in den meisten Fällen nicht mit Bestimmtheit nachweisen können, nur hier und da zeigte sich ein solcher und unterschied sich von den unreifen Psorospermien durch seine homogenere Beschaffenheit und seine ovale Form. — Sehr merkwürdig stellten sich diejenigen Zellen dar, aus welchen, wie das häufig zu beobachten war, die in ihnen enthalten gewesenen Psorospermien entschlüpft waren. Dieselben zeigten sich gewissermassen durchlöchert, indem sich in ihnen Lücken vorfanden, welche an Grösse und Zahl der früher enthaltenen Psorospermienbrut entsprachen. Oefters waren sie auf diese Weise vollständig zerfetzt und es war von ihnen nur ein netzförmig durchbrochenes Gerüst übrig geblieben. — Schliesslich sei noch in Betreff der Psorospermien in der Kaninchenleber bemerkt, dass ich mich, gleichwie Stieda (l. c.) überzeugt habe, dass es hier die dilatirten Gallengänge sind, innerhalb deren die Psorospermien sich ansammeln, wie ich denn auch die Gallenblase öfter mit ihnen erfüllt gefunden habe, so dass es mir nicht zweifelhaft ist, dass sie durch den Ductus choledochus ihren Weg in die Leber nehmen. An einen Transport durch das Pfortaderblut kann ich nicht glauben, da ich mich wiederholt vergeblich bemüht habe, in demselben Psorospermien aufzufinden.

An die schweizerische Naturforschende Gesellschaft theilte Prof. W. His am 23. August 1866 in Neuenburg folgende embryologische Untersuchungen mit:

Ueber die erste Anlage des Wirbelthierleibes.

Die Lehre von den Keimblättern in der Gestalt, die sie durch Remak's Untersuchungen gewonnen hat, bietet das Eigenthümliche, dass sie hinsichtlich der Genesis der Gewebe ein allgemeines Gesetz zwar durchschimmern lässt, ohne jedoch in allen Einzelheiten demselben zu genügen. Das allgemeine Gesetz scheint sich nämlich so zu formuliren, dass während das Nervensystem, die Epithelien und die Drüsen aus dem obersten oder dem untersten Keimblatt hervorgehn, das mittlere Keimblatt alle Gewebe der Bindesubstanzgruppe, inclusive Blut, Gefässwände und Muskeln liefert. Als Widersprüche gegen dieses Gesetz ergeben sich in Remak's Angaben hauptsächlich die über die Entstehung der Sexualdrüsen und der peripherischen Ganglien aus dem mittlern Keimblatt, sowie der Gefässgehalt von Centralnervensystem und Chorioidea.

In einer Gelegenheitsschrift habe ich gesucht einige dieser Widersprüche, soweit sie nicht schon durch frühere Beobachter eliminirt waren, zu beseitigen. Während ich für den Gefässursprung des Centralnervensystems und für die Bildung der Sexualdrüsen mein Ziel glaubte erreicht zu haben, bin ich nicht im Stande gewesen einen einheitlichen Plan in der Anlage des Nervensystems nachzuweisen.

Diese empfindliche Lücke hat mich veranlasst meine, der äusseren Umstände halber im vorigen Jahre abgebrochenen Untersuchungen mit neuen Hülfsmitteln aufzunehmen, und ich bin diesen Sommer

zu Thatsachen geführt worden, die, wie ich glaube, sehr einfache Beziehungen zwischen der natürlichen Verwandtschaft der Gewebe und ihrer Entwicklung herstellen.

Es zeigt sich nämlich, dass der Schwerpunkt der Frage anderswo liegt als in der Keimblattlehre, dass die Keimblätter selbst erst secundäre Gebilde sind, und dass insbesondere das sogenannte mittlere Keimblatt zu keiner Periode ein einheitliches Ganzes bildet.

Soweit meine Untersuchungen am bebrüteten Hühnerei reichen, so sind von Anbeginn an zwei, ihrem Wesen und ihrer Lage nach getrennte Keimanlagen gegeben; aus der einen dieser Anlagen bilden sich alle die Theile, welche zum Nervensystem in näherer oder entfernterer Beziehung stehen, das Centralnervensystem, die peripherischen Nerven, die Oberhautgebilde, die Drüsen, sowie die quergestreiften und glatten Muskeln. Die andere Anlage liefert das Blut und die Gewebe der Bindesubstanz. Jener Keim stellt sich im Vogelei dar als die, bis jetzt allein berücksichtigte Keimscheibe, dieser dagegen entspricht dem sogenannten weissen Dotter der neuern Autoren. Ich bezeichne jenen Keim als Hauptkeim Archiblast, oder mit Rücksicht auf seine hauptsächliche physiologische Bedeutung als Neuroblast, diesen dagegen als Nebenkeim Parablast oder nach der wichtigsten physiologischen Leistung als Haemoblast.

Der Archiblast geht aus der eigentlichen Eizelle hervor, welche nach der Befruchtung den Furchungsvorgang durchmacht; der Parablast aber ist eine adventitielle Bildung, wahrscheinlich den Granulosazellen des Säugethiereies entsprechend, und seine Elemente sind im befruchteten Ei dieselben wie im unbefruchteten oder im Eierstocksei. Er ist daher als ein Material anzusehen, das rein mütterliche Beigabe ist, und das nur indirect durch die Vorgänge im Archiblasten zu selbstständigen Vegetationsvorgängen angeregt wird.

Zum Verständniss der ersten Entwicklungsvorgänge ist ein Eingehen nöthig auf den Bau des unbebrüteten Eies.

Wir unterscheiden am unbebrüteten, befruchteten Eidotter drei Bestandtheile:

die Keimscheibe,
den weissen Dotter und
den gelben Dotter.

Letzterer bildet die überwiegende Masse der von der Dotterhaut umgebenen Kugel; der weisse Dotter bildet eine dünne Schicht,

welche die gelbe Kugel äusserlich umgibt, und welche an einer Stelle, nämlich unterhalb der gleich zu beschreibenden Keimscheibe einen längeren Fortsatz gegen das Centrum des Eies absendet, der hier kuglig anschwillt. Wegen der geringen Consistenz des weissen Dotters erscheint der erwähnte Fortsatz (besonders am gekochten Ei) als Kanal im dichteren gelben Dotter und sein verdicktes Ende als centrale Höhle. Die Keimscheibe ist eine dünne Platte von etwa $3^1/_2$ Mm. Durchmesser, welche im horizontal liegenden Ei an der höchsten Stelle des Eidotters dicht unter der Dotterhaut befindlich ist. Sie findet sich an der Stelle, wo im unbefruchteten Ei die eigentliche Eizelle, das Keimbläschen nebst umgebenden Bildungsdotter sich befunden hatte. Nach der Befruchtung erfährt das primitive Ei die Furchung und wandelt sich in die Keimscheibe um, unter welcher eine mit Flüssigkeit erfüllte Höhle, die Keimhöhle entsteht: letztere trennt den mittlern Theil der Keimscheibe von der unterliegenden weissen Dotterlage, dem Boden der Keimhöhle. Der peripherische Theil der Keimscheibe ruht auf der weissen Dotterrinde noch unmittelbar auf; ich bezeichne die vom peripherischen Theil der Keimscheibe bedeckte Substanz als Keimwall. — Wird die Keimscheibe vom übrigen Ei abgelöst und sorgfältig gereinigt, so zeigt sie eine innere durchsichtigere und eine äussere weissliche Zone. Erstere entspricht dem Abschnitte der Keimscheibe, welcher über der Dotterhöhle lag, letztere verdankt ihre Beschaffenheit der anhaftenden weissen Substanz des Keimwalls.

In der Area opaca, deren innerer Theil wegen grösserer Dicke der unterliegenden weissen Schicht etwas undurchsichtiger ist, als der äussere, treten häufig schon vor der Befruchtung runde, durchsichtige und scharf geschnittene Flecken von ca. $^1/_{10}{}'''$ Durchmesser auf; es sind diess, ähnlich der Keimhöhle selbst, mit Flüssigkeit gefüllte Lücken im weissen Dotter, welche bald dicht unter der Keimscheibe liegen, bald von dieser durch eine dünne Substanzlage getrennt bleiben: auch im Gewebe am Boden der Keimhöhle treten ähnliche Lücken auf. Jene sind die Verläufer der Halonen; da wo sie nicht schon vor der Bebrütung vorhanden sind, da treten sie in den ersten Stunden nach derselben auf und sind zu der Zeit von Pander beschrieben, späterhin aber wenig mehr beachtet worden.

Die mikroskopischen Elemente des gelben Dotters sind die bekannten grossen kernlosen Körper, die von feinen Körnern dicht erfüllt sind. Isolirt nehmen sie Kugelgestalt an, während sie in

ihrer natürlichen Anordnung im Ei durch gegenseitige Abplattung trapezoide Gestaltung besitzen. An der Bildung des Embryo und seiner Hüllen nehmen sie indirecten Antheil, indem sie ihm den nöthigen Nahrungsvorrath aufgespeichert halten.

Der weisse Dotter besteht aus Elementen, die gleichfalls in situ gegenseitig sich aneinander abplatten, während sie isolirt Kugelgestalt besitzen. Es sind Körper von sehr verschiedener Grösse, von $^{2}/_{1000}$ bis $^{1}/_{30}$''' Durchmesser, ohne körnigen Inhalt, dagegen mit Kugeln in ihrem Innern, welche ziemlich stark lichtbrechend sind.

Schon Schwann und nach ihm Reichert hatten diese Elemente für Zellen und die eingeschlossenen Kugeln für Kerne erklärt. Remak dagegen und Kölliker, die überhaupt dem weissen Dotter wenig Beachtung geschenkt haben, sind geneigt die fraglichen Inhaltskugeln für Fetttropfen anzusehen. Dass sie diess nicht sind ergibt sich aus ihrer Unlöslichkeit in Aether und Chloroform. Auch kommt ihr Lichtbrechungsvermögen demjenigen wirklicher Fetttropfen doch nicht bei. Ferner enthalten sie constant in ihrem Innern eine gewisse Zahl von Körnern, die schon bei Wasserzusatz, jedenfalls aber dann sichtbar werden, wenn man sie in etwas stark lichtbrechenden Medien untersucht. Diess, sowie die ganze weitere Entwicklung zeigt, dass Schwann in seinem Rechte war, und dass die fraglichen dunkeln Kugeln Kerne mit eingeschlossenen Kernkörpern sind. Das starke Lichtbrechungsvermögen hängt wohl mit einem geringen Wasserreichthum derselben zusammen. Die kleinern Zellformen des weissen Dotters finden sich in der nächsten Umgebung der Keimhöhle, sie sind ein- oder zweikernig. In den peripherischen Theilen der Dotterrinde finden sich vorwiegend grössere vielkernige Formen.

Die Keimscheibe besteht aus Elementen, die von denen des weissen Dotters völlig sich unterscheiden. Es sind Körper, denen wir beim gegenwärtigen Stand der Zellenlehre den Namen von Zellen kaum mehr vorenthalten können. Membranlos zwar, zeigen sie je einen centralen hellen Fleck, dessen Gränzen durch die undurchsichtige Ueberlagerung etwas verwischt erscheinen. Charakteristisch für die Zellkörper sind zahlreiche stark lichtbrechende Körner von $^{1}/_{2}$ bis $^{1}/_{1000}$''' Durchmesser, welche in Aether und Chloroform gleichfalls unlöslich sich erweisen. Es sind diess dieselben Körner, welche schon im unbefruchteten Ei die Hauptmasse des Bildungsdotters ausgemacht hatten.

Die Anordnung der Zellen in der Keimscheibe ist folgende: Eine dicht gedrängte Lage kleinerer Formen von $^4/_{1000}$ bis $^5/_{1000}$''' Durchmesser bildet eine zusammenhängende Schicht, die wir bereits als obere Keimhaut bezeichnen können. Eine zweite der Fläche nach zusammenhängende Keimhaut existirt zu dieser Zeit noch nicht, dagegen gehen von der untern Fläche der obern Keimhaut Stränge und zapfenförmige Fortsätze aus, welche zum Theil isolirt, zum Theil netzförmig untereinander verbunden sind. Diese Anhängsel bestehen aus etwas grössern Zellen von $^8/_{1000}$ bis $^{15}/_{1000}$''' Durchmesser, die in einfachen, seltener in mehrfachen Reihen, beisammen liegen. Oft heben sie sich brückenartig von der untern Fläche der obern Keimhaut ab und umschliessen Lücken, die nach abwärts frei mit der Keimhöhle communiciren. Es finden sich die Fortsätze sowohl im centralen, als im peripherischen Theil der Keimscheibe, bisweilen zeigt sich schon im unbebrüteten Ei, dass sie im Centrum der Keimscheibe in dichterer Menge sich entwickeln.

Folgen der Bebrütung.

Die Natur dieser Mittheilung bringt es mit sich, dass ich eine detaillirte Entwicklungsgeschichte des Hühnerembryos auch nur für die erste Zeit seiner Existenz nicht geben kann. Ich muss mich darauf beschränken, in kurzen Zügen die Anlage der embryonalen Fundamentalorgane zu schildern.

Veränderungen im Bereich der Area pellucida.

Die ersten Folgen der Bebrütung zeigen sich in einem Wachsthum jener subgerminalen Fortsätze, welche eben geschildert wurden. Indem ihre gegenseitigen Verbindungen zunehmen, kommt es zur Bildung einer zusammenhängenden Schicht, dem untern Keimblatt, welches mit dem obern Blatt noch durch vielfache, theils dickere, theils feinere Fortsätze zusammenhängt. Es ist somit das untere Blatt vom Anbeginn an als eine Produktion des obern anzusehen, und zwar als die erste Produktion desselben, im Gegensatz zu mehreren nachfolgenden secundären Produktionen.

Zum Theil sind die Verbindungen, welche von Anbeginn an zwischen dem oberen und unteren Blatt bestehen, vorübergehender Natur; indem das obere Blatt stellenweise vom untern sich abhebt,

gehen sie zu Grunde, während sie an andern Stellen eine Zeit lang fortbestehen können. Jedenfalls sind diese ersten Brücken, nachdem sie ihre Rolle bei der Bildung des untern Blattes gespielt haben, von untergeordneter Bedeutung und fällt ihnen keine Hauptrolle mehr zu. Von um so grösserer Bedeutnng erscheint eine andere Verbindung zwischen oberem und unterem Keimblatt, welche secundär sich ausbildet, und die zur Entstehung der axialen Fundamentalorgane in innigster Beziehung steht. Es ist bekannt, dass einige Stunden nach der Bebrütung eine Verdickung des centralen Theils der Keimscheibe sich bemerkbar macht, später tritt in einer zur Eiaxe quergelegten Richtung ein undurchsichtiger Streif, der Baer'sche Primitivstreif auf, und noch etwas später sieht man zwei nach vorn bogenförmig in einander umbiegende dunkle Bänder (die Baer'schen Rückenplatten). Remak bringt diese Bilder in Beziehung zu der, von ihm so genannten Axenplatte, d. h. zu einer Verwachsung vom obern und mittleren Keimblatt, nach vorhergegangener Verdickung beider. Das mittlere Keimblatt selbst aber lässt er einfach durch histologische Differenzirung vom untern sich scheiden. Meine Beobachtungen stimmen nun mit Remak's Angaben nicht ganz überein, sondern schliessen sich mehr denjenigen von Baer's an. Soweit ich die Sache verfolgen kann, so scheidet sich nämlich nicht einfach vom unteren Blatt ein mittleres, das weiterhin secundäre Theilungen erfährt, sondern an der Axenplatte, für die ich den von Remak gewählten Namen beibehalten will, sind dreierlei Produktionen zu unterscheiden, die untereinander zwar in Verbindung treten, durch ihre erste Entstehung aber ebensowohl wie durch ihre spätern Schicksale von einander differiren: 1) nämlich kommt es im mittlern Bereich des Fruchthofes zur Ablösung einer Schicht vom obern, 2) einer desgleichen vom untern Keimblatt und 3) zur Bildung eines axialen Verbindungsstranges zwischen oberem und unterem Keimblatt. Ich will jene ersterwähnten Bildungen, die grossentheils den v. Baer'schen Fleischplatten entsprechen, als obere und untere Nebenplatte, letztere als Axenstrang bezeichnen. Obere und untere Nebenplatte charakterisiren sich schon bei schwacher Vergrösserung bald durch eine vertikale Streifung. Die erstere hängt in einiger Entfernung seitlich von der Axe mit dem obern Keimblatt zusammen, ähnliche obwohl weniger constante Verbindungen mit dem untern Keimblatt zeigt auch die untere Nebenplatte. Von dem Axenstrang aus treten seitlich Fortsätze zwischen die Nebenplatten ein, welche

diese eine Strecke weit untereinander verkitten. Aus den geschilderten Anlagen bilden sich nun die Primitivorgane des Embryo: Medullarrohr, Chorda dorsalis, Urwirbel, Kopf- und Seitenplatten.

Das Medullarrohr entsteht in der bekannten Weise, indem der mittlere Theil des obern Keimblattes sich verdickt und zu einer Röhre zusammenrollt, über welcher der peripherische Theil des obern Keimblattes, das sogenannte Hornblatt sich schliesst. Die Chorda scheidet sich aus dem centralen Theil des Axenstranges und zwar bleibt sie oft noch eine Zeit lang mit der untern Fläche des Medullarrohres in inniger Verbindung. Beobachtet man die Scheidung am hinteren Leibesende von Embryonen etwas vorgerückterer Stadien, so überzeugt man sich, dass hier das Medullarrohr in seinem untern Theil unmittelbar aus dem Material des sehr dicken Axenstrangs sich scheidet.

Bei der Bildung der Urwirbel betheiligen sich die beiden gestreiften Nebenplatten und ihre ungestreifte Zwischenmasse. Diese liefert den Kern des Urwirbels, während jene die radiär gestreifte Rinde desselben geben. Eine weitere Fortsetzung jener Lateralfortsätze scheint das Material zum Urnierengang zu liefern, während der äussere Theil der Nebenplatten zu dem wird, was Remak als Seitenplatten bezeichnet hat. Diese spalten sich also nicht aus einer einfachen Lage, sondern sind von Anfang an schon geschieden und gehen im Gegentheil nachträgliche Verbindungen ein. Manche Verbindungen legen noch geraume Zeit Zeugniss von den nahen Beziehungen der verwandten Theile ab; so treten strahlige feine Fortsätze von den Urwirbeln einestheils zum Hornblatt, anderntheils zu der Chorda, ebenso schieben sich Verlängerungen des Hornblattes zwischen Medullarrohr und Urwirbel, sowie zwischen diese selbst ein.

Die verschiedenen Scheidungen fallen mit der Abschnürung des Kopfendes des Embryo zusammen, nach deren Einleitung bekanntlich auch die erste Anlage des Herzens und der grossen Gefässstämme auftritt. Die erste Andeutung des Ortes, an den die Aortae descendentes zu liegen kommen, zeigt sich in Lücken ausserhalb der Urwirbelanlage, welche Anfangs einer scharfen Umgränzung durchaus entbehren. Im Bereich des Kopfes sind solche Lücken ebenfalls sichtbar. Die Kopfplatten nämlich, von der Gränze zwischen Gehirn und Vorderdarm, also der Fortsetzung der Axialanlage ausgehend, füllen lange nicht den ganzen Zwischenraum zwischen Hornblatt und Gehirn aus, sondern senden nach den Seiten und nach oben hin nur

konische Fortsätze ab, welche weite Lücken frei lassen, die ungefähr die Lage der späteren Aortenbogen vorzeichnen. Auch das Herz selbst bildet sich als ein Anfangs wenig scharf umschriebener Raum. Bevor es auftritt, sieht man die vordere Wand des Vorderdarmes scheibenförmig sich verdicken, bald bildet sich in der verdickten Stelle eine quere Spalte, deren vordere Wand sich ausbuchtet. Erst später schnürt sich das Herz vom Vorderdarm vollständiger ab und bleibt noch durch eine Art von Gekröse mit demselben in Verbindung. Dieses ist aus zwei Platten zusammengesetzt und nach oben führt es noch zu zwei Zweigspalten, dem Rest der frühern einfachen Querspalte.

Die ganze bisherige Herzwand geht, wie man leicht einsehen kann, aus der vordersten umgebogenen Fortsetzung der Axialanlage hervor; sie zeigt zu der Zeit, ähnlich dem Medullarrohr und ähnlich der Urwirbelrinde eine radiäre Streifung und sie liefert das Material für die Muskulatur (und die nervösen?) Bestandtheile des Herzens. Das Material zur endocordialen Auskleidung, sowie das zur Bildung aller innern Gefässauskleidungen stammt überhaupt gar nicht aus dem Archiblasten, dessen Schicksale wir bis jetzt verfolgt haben, sondern aus dem weissen Dotter oder dem Parablast.

Um die Schicksale dieses Letzteren zu verfolgen, müssen wir zur Betrachtung der Area opaca uns wenden. — In derselben Weise, wie in der Area pellucida, sendet auch hier das obere Keimblatt Fortsätze nach abwärts, die untereinander sich verbinden; sie durchwachsen sehr rasch die unterliegende Schicht von weissem Dotter, und indem sie meist fadenförmig sich ausziehn, bilden sie ein Gerüst, in dessen Maschen die Elemente des weissen Dotters eingeschlossen liegen. Wir wollen diess combinirte Gewebe als Keimwallgewebe bezeichnen. Zwischen dem Keimwallgewebe und dem obern Keimblatt bilden sich von Flüssigkeit erfüllte Lücken, die bald ringförmig zusammenfliessen und in diesem Uebergangsstadium die als Halonen bezeichnete Bildung darstellen; weiter hebt sich das obere Keimblatt im inneren Bereich der früheren Area opaca vollständig vom Keimwall ab und bleibt mit diesem nur noch durch dünne Fäden verbunden. Wir können diesen abgelösten Theil des Keimwalls als den innern, den nicht abgelösten als den äussern bezeichnen. Jener entspricht dem Gefäss-, dieser dem Dotterhof.

Im innern Keimwallgewebe tritt ein zweites tieferes System von Lücken auf, welches bei seinem allmählig erfolgenden Zusammen-

flusse eine dünne obere Gewebsschicht von der unten liegenden dickern Lage scheidet. Jene Schicht, die sowohl nach oben, als nach abwärts fadenförmige Fortsätze abgibt, bezeichne ich aus Gründen, die bald klar werden sollen, als blutbildende oder hämogene Membran. Nach aussen endet sie am Rand des äussern Keimwalls, nach innen schliesst sie sich ohne scharfe Gränze an die untere Nebenplatte an; sie besteht aus netzförmig verbundenen achiblastischen Zellen, welche stellenweise Nester von weissen Dotterzellen einschliessen. Die kleinsten dieser Nester liegen am inneren, die grösseren am äusseren Rand des Gefässhofes.

Von diesen Zellennestern ausgehend, findet nun Gefäss- und Blutbildung statt. Es wachsen nämlich zunächst spindelförmige Zellen in die unterliegenden Lückenräume ein und kleiden diese als zusammenhängende Endothelschicht aus; von da rücken sie in den durchsichtigen Fruchthof vor, wo sie den Zwischenräumen zwischen der untern Nebenplatte und dem untern Keimblatt folgen; schliesslich gelangen sie, immer mehr dem Centrum zuwachsend, in die vorgebildeten Herz- und in die Aortenräume, in denen sie zu einem Schlauch sich zusammenordnen, der der vorgebildeten Wand ganz lose anliegt, ohne mit ihr sich zu verbinden. Von diesen primitiven Gefässwänden aus gehn dann im folgenden Verlauf der Entwicklung sämmtliche weiteren Gefässanlagen, zunächst die der Arteriae intervertebrales, noch weiter das Material zu Bindegewebs-, Knorpel- und sonstigen Bindesubstanzanlagen hervor, so dass wir, genetisch genommen, alle Bindesubstanzen als Gefässadventitien bezeichnen können.

Während so die Gefässbildung von der Peripherie nach dem Centrum fortschreitet, beginnen die Zellen, welche in den Nestern des Gefässhofes zurückbleiben, sich zu röthen, sie stellen in diesem Stadium die schon von den älteren Embryologen geschilderten, von Remak mit Unrecht geleugneten Blutinseln dar. Von der Fläche gesehen sind es rundliche oder auch verzweigte Massen. Sie hängen Anfangs völlig abgeschlossen in die obern Abschnitte der betreffenden Gefässräume hinein, zu einer Zeit, wo diese schon ihre vollständige Endothelauskleidung erhalten haben und wo das Herz seine ersten Contractionen ausführt. Successive lösen sich aber weiterhin die Zellen von diesen Nestern ab und gelangen in die zuvor mit farbloser Flüssigkeit gefüllten Gefässräume hinein.

Mit diesem Nachweis von der Verwendung der Parablastzellen zur Blut- und Gefässbildung ist zunächst die Aufgabe erfüllt, das

Ineinangergreifen der beiden Keime bei der Anlage der primordialen Organe zu zeigen.

Es würde nun übrig bleiben die histologischen Verhältnisse der betreffenden Bildungen zu betrachten, indess beschränke ich mich vorerst darauf, das eine fundamentale Verhältniss hervorzuheben, dass bei den Gebilden des Archiblasten verzweigte vom Kern ausgehende Fäden als allgemeine Erscheinung auftreten. Sie finden sich im Medullarrohr, im Hornblatt, in den Anlagen vom Gehörorgan und im Keimwallgewebe.

Ich muss es vorläufig unentschieden lassen, ob die Fäden von der Substanz des Kernes selbst ausgehen, oder ob sie einer dünnen, an denselben dicht sich anlegenden Protoplasmalage angehören. Soviel ist sicher, dass die Fäden benachbarter Zellen untereinander in Verbindung treten können. Berücksichtigt man nun, dass die neueren Beobachtungen über Nervenzellen den Zusammenhang der Axencylinder mit Kernen als unbezweifelbare Thatsache ergeben; ferner, dass nach Pflüger's Beobachtungen Nervenfäden in Drüsenzellen und in diesen wahrscheinlich in ein zusammenhängendes Kernfadennetz einmünden, so gelangt man zu Gesichtspunkten höchst überraschender Art, die für die Spezialforschung nicht anders als äusserst ergiebig sich erweisen können.

Referate aus der russischen Litteratur.

Von

Prof. Dr. Ludwig Stieda in Dorpat.

1. Kutschin, Ueber den Bau des Rückenmarks des Neunauges. Kasan. Diss. inaug. 1863.

Kutschin stellte seine Untersuchungen an Rückenmarken an, welche in einer wässerigen Chromsäurelösung (2%) erhärtet wurden. Die in verschiedenen Richtungen angefertigten Schnitte wurden durch Kreosot durchsichtig gemacht und mit Damarlack eingeschlossen.

Die graue Substanz erscheint bisweilen als ein Netz äusserst feiner Fäden, bisweilen körnig. Dieses Aussehen ist Kunstprodukt, ein Resultat der Gerinnung der Eiweissverbindungen, was dadurch begründet werden kann, dass auch an Schnitten von erhärtetem Eiweiss dieses Netz gesehen wird.

Zum Bindegewebe werden gerechnet: 1) die in der Umgebung des Centralkanals in der grauen Masse reichlich vorkommenden Kerne von 0,003—0,006 Mm.; 2) spindelförmige Zellen, welche oberhalb des Centralkanals entsprechend der Fissura long. sup. liegen, diese Zellen haben zwei Ausläufer, von denen der eine in die graue Masse sich hineinverliert, der andere sich in einzelne Fäserchen theilend, hinaufgeht; einige Fäserchen vereinigen sich mit der Pia mater.

Der Centralkanal ist mit Zellen von konischer Form ausgekleidet; die Spitze der Zellen ist dem Lumen des Kanals zugewandt, während die abgerundete Basis in der grauen Masse liegt. Der Kanal ist auf Quer- und Längsschnitten gewöhnlich leer. mitunter

findet sich darin ein Faden. Dieser Faden oder Strang, welcher der Reissner'sche genannt wird, ist auf Querschnitten rund, hat einen Durchmesser von 0,0024 Mm. und konnte auf Längsschnitten circa ein Millimeter weit verfolgt werden. Bisweilen erschien der Faden wie aus zweien zusammengesetzt. Wo dieser einem Axencylinder nicht ähnlich sehende Faden anfing oder wo er endigte, konnte nicht ermittelt werden. — Von den Kernen, welche unter dem Epithel liegen, gehen feine Ausläufer aus, welche bis an die Gränze der grauen Substanz laufen und hier mit besonderen konischen Verbreiterungen enden. Es wird darauf aufmerksam gemacht, dass diese Fäden mit ihren verbreiterten Enden sehr an die Müller'schen Fäden der Retina erinnern.

Der Verfasser theilt die Nervenzellen im Rückenmark des Neunauges nach dem Vorgange Reissner's in drei Gruppen:

1. grosse Nervenzellen der Centralgruppe (Reissner's mittlere grosse Zellen);
2. grosse Nervenzellen der äussern Gruppe (Reissner's äussere grosse Zellen);
3. kleine Nervenzellen.

Hierzu müssen nach Kutschin als vierte Kategorie die Zellen der weissen Substanz kommen. Kutschin legt dieser auf äussere Merkmale begründeten Eintheilung keinen grossen Werth bei, hält sie jedoch für besser als die Eintheilung von Jacubowitsch in Bewegungs-, Empfindungs- und sympathische Zellen. Auch die von Mauthner aufgestellte Klassification der Zellen je nach der verschiedenen Färbung durch Carmin ist zu verwerfen. Obwohl die Nervenzellen in Form, Grösse, Zahl der Ausläufer sich von einander unterscheiden, so sind sie im Bau einander gleich. Sie haben keine besondere, vom Zellinhalt zu unterscheidende Zellmembran; ihre verhältnissmässig grossen Kerne sind von doppelten Contouren umgeben, stellen Bläschen dar mit einem Inhalt, welcher unter dem Einfluss von Reagentien feinkörnig wird.

Die grossen Nervenzellen der innern oder centralen Gruppe liegen entsprechend der Längenausdehnung des Rückenmarkes in zwei Längsreihen der Art, dass eine Reihe dem Centralkanal näher liegt, die andere weiter nach aussen. Die Zellen liegen selten in einer und derselben Querebene, so dass auf Querschnitten gewöhnlich eine Zelle auf der einen oder andern Seite gefunden wird, selten zwei Zellen auf einer Seite. Die Zellen sind 0,063—0,068 Mm.

lang, 0.039—0,042 Mm. breit und 0,025—0,028 Mm. dick. Auf Querschnitten erscheinen sie meist ohne Fortsätze. Auf Längsschnitten zeigen sie wenigstens zwei Fortsätze, von denen der eine in der Richtung zum Gehirn, der andere in der Richtung zum Schwanzende verläuft. Eine Verbindung dieser Zellenfortsätze mit Fortsätzen anderer Zellen der äusseren Gruppe wurde nicht beobachtet. — Der Verfasser meint, diese Zellenfortsätze theilten sich vielfach in Zweige, von denen einige sich an der Bildung der weissen Masse betheiligten, während andere in die obere Wurzel übergingen. Er leugnet mit Reissner jegliche Beziehung dieser Nervenzellen zu den sogenannten Müller'schen Fasern der weissen Substanz. Die Zellen haben aber noch einen dritten Fortsatz. Dieser von Reissner zuerst erwähnte Fortsatz geht senkrecht nach oben und konnte von Kutschin bis in die obere Wurzel hinein verfolgt werden. Einmal sah Kutschin sogar zwei Fortsätze von einer Zelle der äussern Reihe der Centralgruppe in die obere Wurzel eintreten.

Die grossen Zellen der äussern Gruppe haben eine eckige Form, einen grossen Kern, ein deutliches Kernkörperchen und zahlreiche (10—12) Fortsätze. Die Richtung dieser Fortsätze ist verschieden. Sie gehen nach aussen und unten in der Richtung der unteren Wurzeln, erreichen bisweilen die äusserste Grenze des Schnittes; 1—2 Fortsätze ziehen grade nach aussen und erreichen die seitliche Grenze des Schnittes; einige Fortsätze ziehen nach oben aussen, aber nicht zu den oberen Wurzeln; mitunter schlagen einige auch die Richtung nach oben innen ein und laufen auf die andere Hälfte des Markes hinüber.

Untere Commissur. Beide Hälften des Rückenmarkes sind miteinander vereinigt durch den beiden gemeinschaftlichen Theil der grauen Substanz und durch besondere Nervenfasern, welche von der einen Hälfte zur anderen hinüberziehen. Diese Fasern haben einen verschiedenen Ursprung. Nachdem Kutschin die Ansichten anderer Autoren mitgetheilt hat, giebt er seine eigenen Beobachtungen: auf Querschnitten konnten die Fortsätze der grossen Nervenzellen der äusseren Gruppe, welche die Richtung zur anderen Hälfte des Markes hatten, bis zur Mittellinie, bisweilen auch eine Strecke weit in die andere Hälfte hineinverfolgt werden, doch niemals bis zu einer Vereinigung mit den hier liegenden Zellen. An horizontalen Längsschnitten, welche die untere Commissur getroffen hatten, sah Kutschin, dass der Raum, welcher zwischen den zu beiden Seiten

des Centralkanals gelegenen Zellenhaufen existirt, von zahlreichen Fasern durchschnitten wird. Diese Fasern ziehen horizontal oder schräg, sich vielfach kreuzend, aus einer Hälfte des Markes in die andere. Kutschin fand, dass einige dieser Fasern, welche von den grossen Zellen der äussern Gruppe entspringen, auf die andere Seite hinüberziehen und nachdem sie hier die äusserste Grenze des Zellenhaufens erreicht hatten, sich hier an die Fasern schliessen, welche die untere Wurzel bilden. Andere Fasern, nachdem sie in die weisse Masse der anderen Seite eingedrungen, schlagen hier die Richtung nach vorn (Kopf) oder nach hinten (Schwanz) ein und laufen hier bis zur nächstliegenden Wurzel, in welche sie eintreten. Der grösste Theil der Fasern konnte nicht so weit verfolgt werden, es verloren sich dieselben zwischen den anderen. — Einmal glückte es dem Verfasser zu sehen, wie eine Faser, welche von einer Nervenzelle der einen Rückenmarkshälfte entsprang, auf die andere Hälfte hinüberging, hier die Richtung nach oben einschlug und endlich nach einem ansehnlichen Verlaufe in einer grossen Zelle endigte.

Untere Wurzel. Es werden die Ansichten Owsiannikow's und Stilling's angeführt; es wird ferner hervorgehoben, dass Reissner keine besondern Angaben über die untere Wurzel mache. — Nach Kutschin treten auf einem Querschnitt die Fasern der untern Wurzel als ein dickes Bündel an der untern Grenze des Schnittes auf, dringen in das Mark ein, durchlaufen dasselbe in schräger Richtung von unten nach oben und von aussen nach innen und enden hier in kürzerer oder weiterer Entfernung von der grauen Masse, einige treten in Zusammenhang mit den Fortsätzen der grossen Nervenzellen der äussern Gruppe. — Auf Längsschnitten zerfielen die Fasern der untern Wurzel bald nach ihrem Eintritt in 3—4 Bündel, einige davon waren schräg nach innen und vorn (Kopf), andere schräg nach innen und hinten (Schwanz) gerichtet. Nachdem sie die Mitte des Raumes zwischen dem freien Rand des Schnittes und den äussersten Zellen der äussern Gruppe erreicht haben, machen sie einen Bogen, indem sie nach hinten und vorn ziehen. Einzelne Fasern nehmen einen horizontalen Verlauf und können bis zu den grossen Zellen der äussern Gruppe der entsprechenden Hälfte des Markes verfolgt werden. Der grösste Theil der umbiegenden Wurzelfasern verliert sich zwischen die Längsfasern der weissen Substanz, nur selten findet sich eine in Zusammenhang mit einer weit abgelegenen Nervenzelle.

Kleine Nervenzellen. Kutschin versteht darunter mit Reissner solche Zellen, deren Länge zwischen 0,012—0,03 Mm. und deren Breite zwischen 0,008—0,025 Mm. schwankt; sie sind gewöhnlich spindelförmig, haben 2—3, selten 5 Fortsätze und sind zahlreich gruppirt um die Zellen der äussern Gruppe; an andern Orten der grauen Substanz finden sie sich nur einzeln zerstreut. Ihre Fortsätze sind der grossen Feinheit wegen sehr schwer zu verfolgen. Kutschin verfolgte einen Fortsatz in die obere Commissur, einen andern zu der obern Wurzel.

Ueber die obere Commissur berichtet Kutschin nach eigenen Beobachtungen an Längs- und Querschnitten. Eine obere Commissur existirt und die sie bildenden Fasern nehmen ihren Ursprung von den kleinen Nervenzellen. Einmal konnte der Fortsatz einer kleinen Nervenzelle in die obere Commissur hinein und durch dieselbe hindurch bis zum Abgang der obern Wurzel der andern Seite verfolgt werden. — Auf Längsschnitten ist die obere Commissur deutlich sichtbar, die Fasern ziehen in den kleinen Zellen niemals quer hinüber, sondern schräg auf die andere Seite, biegen um und verlieren sich zwischen den andern Längsfasern.

Die obere Wurzel bildet ein feines Bündel; die Fasern derselben laufen eine ansehnliche Strecke an der Oberfläche des Markes und treten näher zur Mittellinie in dasselbe ein, als die untere Wurzel. Gleich nach dem Eintritt ziehen die Fasern nach hinten und vorn, Bogen bildend, auseinander. Die Fasern kommen zum Theil von den kleinen Nervenzellen der entsprechenden Hälfte, zum Theil von den kleinen Zellen der entgegengesetzten Hälfte (die Fasern der obern Commissur) und zum Theil von den Zellen der Centralgruppe. — Ferner betheiligen sich am Aufbau der obern Wurzel die Spinalganglien, welche ziemlich nahe am Rückenmark liegen und aus Zellen bestehen, welche zwei Fortsätze haben und den Zellen der Centralgruppe ähnlich sind.

Kutschin fand auch in der weissen Substanz Nervenzellen, vorzugsweise in den seitlichen, bisweilen auch in den oberen und unteren Partieen des Markes. Einige gehören zu den grossen Zellen der äussern Gruppe, welcher sie vollkommen gleichen, andere zu den kleinen Nervenzellen. die Zahl ihrer Fortsätze ist verschieden.

Die weisse Substanz besteht aus Fasern von sehr verschiedenem Durchmesser von 0,001—0,075 Mm. Kutschin theilt die Substanz in drei Stränge, einen unteren, seitlichen und oberen. Der untere

Strang, zwischen den Abgangsstellen der beiden untern Wurzeln gelegen, ist durch besonders breite Fasern ausgezeichnet; in den seitlichen Strängen sind die breiten Fasern nur spärlich vorhanden; in dem oberen zwischen den Abgangsstellen der oberen Wurzel befindlichen Strange finden sich gar keine breiten Fasern. — Die Breite der Müller'schen Fasern giebt Kutschin auf 0,041—0,082 Mm. Durchmesser an.

Den Bau der Nervenfasern im Marke anlangend hebt Kutschin hervor, dass eine Markscheide eigentlich nicht fehle, sondern nur anders als sonst geartet sei. Kutschin findet auf Querschnitten häufig Fasern, in welchen der Raum zwischen dem Axencylinder und der Peripherie durch eine feinkörnige Masse angefüllt ist.

Der Arbeit sind zwei die besprochenen Verhältnisse erläuternde Tafeln beigefügt.

2. Erbstein, Ueber den Bau der Tuba Fallopiae. Diss. inaug. St. Petersburg 1864.

Der Verfasser theilt die Ergebnisse mikroskopischer Untersuchungen mit, welche er an der Tuba Fallopiae des Weibes und einiger Säugethiere anstellte, um die Richtigkeit der Ansichten Hennig's über das betreffende Organ zu prüfen. Er untersuchte an Präparaten, welche in wässriger Chromsäurelösung erhärtet waren, und gelangte zu denselben Resultaten, wie sie bereits Henle in seinem Handbuch (Eingeweidelehre pag. 469) mitgetheilt hat, dass nämlich die Tuba mit einem einfachen Epithel aus Cylinderzellen ausgekleidet, dass die Schleimhaut vielfach gefaltet sei und dass die Vertiefungen zwischen den Falten von Hennig für Drüsen angesehen worden seien. — Nur in einem Punkte weicht der Verfasser von Henle ab. Henle behauptet nämlich in dem Ligamentum infundibulo-ovaricum, an welchem die Fimbria ovarica befestigt ist und dadurch bis an das Ovarium heranreicht, vergeblich nach Muskelfasern gesucht zu haben. Erbstein nun ist anderer Ansicht und will sich mit Sicherheit von der Existenz contractiler Faserzellen (glatter Muskelfasern) in diesem lig. infundibulo-ovaricum Henle (lig. tubo-ovaricum Richard) überzeugt haben. — Es wird diesem Befunde von dem Verfasser ein besonderer Werth beigelegt, weil er darin eine Erklärung findet, dass die fimbria ovarica sich durch Contraction des genannten Bandes dem Ovarium zu nähern im Stande sei und somit der Uebergang des Eies aus dem Ovarium in die Tuba Fallopiae erleichtert werde.

3. **Karl Sokolowsky**, Die Beziehung der Nerven zu den Gefässen der quergestreiften Muskeln und ihre Endigungen. Diss. inaug. St. Petersburg 1864. Mit 2 Taf. Abbild.

Der Verfasser giebt zuerst eine Uebersicht über die bisherige Litteratur der Nervenendigungen sowohl in den Muskeln als auch in den Gefässen (His). Auf die Gefässnerven, welche er stets vasomotorische nennt, richtete der Verfasser speciell seine Aufmerksamkeit. Er stellte seine Beobachtungen an den Gefässen an, welche in die Augenmuskeln der Katze sich verbreiten. — Die von ihm befolgte Methode war die, dass er die Muskeln in einer Lösung von carminsaurem Ammoniak so lange liegen liess, bis sie sich hinreichend gefärbt hatten, dann sie in die Moleschott'sche Flüssigkeit brachte, darauf ein kleines Stückchen in Glycerin zerzupfte und schliesslich diese Präparate bei 420—500facher Vergrösserung untersuchte. — Er gelangte zu dem Resultate, dass die Endigung der Gefässnerven sich vollständig von den Endigungen der Bewegungs- oder Empfindungsnerven unterscheide. Er fand nämlich, dass die Nervenfasern, welche sich dem Verlaufe der Gefässe entsprechend ausbreiten, sehr fein sind, blass, einfach contourirt und von einer durchsichtigen Hülle umgeben. In dieser Hülle sind in bestimmten Entfernungen Kerne zu sehen: während des Verlaufes der Fasern wird die Zahl der Kerne geringer und näher dem Ende der Fasern finden sich fast gar keine mehr. Diese Hülle (Neurilem) schliesst sich eng an den Inhalt, welcher in den Endverzweigungen das Mark verliert, so dass die Nervenfaser, aus Axencylinder und der Hülle bestehend, noch feiner und blasser erscheint. Eine Theilung der Nervenfasern während ihres Verlaufes hat er nicht gesehen. — Die Nervenfasern gehen nun allmälig über in ovale, längliche, helle runde Zellen; diese Zellen haben einen feinkörnigen Inhalt, einen scharf contourirten Kern und Kernkörperchen; ihr Durchmesser beträgt der Länge nach 0,015, der Breite 0,012 Mm., ihr Kern misst 0,003 Mm. — Der Verfasser nennt diese Zellen Nervenzellen und bezeichnet sie als die Nervenendorgane. Wo man diese Endorgane in unmittelbarem Zusammenhange mit den Nervenfasern findet, da bildet die Hülle der Nervenfaser auch eine Hülle für das Endorgan. Man findet aber auch häufig diese Zellen mit abgerissenen Fortsätzen an den Wandungen der Gefässe.

Druckfehlerverzeichniss

zu dem Aufsatze: Ueber den Einfluss der Gase auf die Flimmerbewegung.
Von W. Kühne.

pag.	372	Zeile	13	von	oben	Veränderung	statt	Verminderung.
»	373	»	14	»	»	zerpeitschen	»	zerquetschen.
»	373	»	18	»	»	Flimmerns	»	Flimmers.
»	373	»	16	»	unten	zerpeitschen	»	zerquetschen.
»	375	»	9	»	oben	alternirend	»	alterirend
»	375	»	16	»	unten	Ausschalten	»	Ausschütten.
»	375	»	10	»	»	begannen	»	begann.
»	375	»	7	»	»	von	»	wie.
»	375	»	7	»	»	erreichen	»	anzeigen.
»	376	»	5	»	»	vorsichtiges	»	umsichtiges.
»	377	»	2	»	»	beigemischt	»	beigebracht.

Einladung zur Subscription

auf

Th. Eulenstein's Typen der Diatomaceen.

(Bacillarien.)

Die Diatomaceen sind trotz der Mannigfaltigkeit ihrer Strukturverhältnisse und Formen, — die in den letzten 20 Jahren von Zoologen und Botanikern beschriebenen Arten zählen nach Tausenden — in den naturhistorischen Sammlungen, mit Ausnahme des britischen Museums, noch sehr schwach vertreten. Die Winzigkeit dieser Organismen, die sie zur öffentlichen Schaustellung nicht geeignet macht, dürfte dieselben da und dort überhaupt ausschliessen; in wissenschaftlichen Sammlungen hat die Lücke andere triftige Gründe. Das Material selbst ist so sehr in den Händen einzelner Autoren zerstreut, dass das Zusammenbringen desselben dem Schreiber Dieses nur auf Reisen und durch ausgedehnte wissenschaftliche Verbindungen möglich wurde. Zugleich konnte die Systematik der Diatomeen wissenschaftlichen Ansprüchen nur stückweise genügen, und zwar weil bei der (wie auf anderen mikroskopischen Gebieten) sehr verwickelten Synonymie der Mangel an Originalien die Meisten von einem eingehenden Studium des systematischen Theils der Diatomeenkunde abgehalten hat.

Von vielen Seiten aufgefordert hat sich daher Unterzeichneter entschlossen aus seinen Sammlungen, welche, mit wenig Ausnahmen, die Originalien der meisten publicirten Arten enthalten, eine Collection der Diatomaceen-Typen zu veröffentlichen. Dieselbe wird in 5 Lieferungen, je zu 100 Arten, sämmtliche lebende Süsswasser- und marine, sowie die wichtigeren fossilen Gattungen umfassen. Ein grosser Theil der Nummern wird aus Originalexemplaren[1]), die übrigen nur aus Arten bestehen, deren sichere

1) Unter diesen werden die von Agardh, Arnott, Bailey, Bleisch, A. Braun, Brebisson, Brightwell, Donkin, Ehrenberg, Gregory, Greville, Grunow, Hantzsch, Harvey, Heiberg, Hilse, Janisch, Kützing, Lauder, Lewis, Lyngbye, Meneghini, Naegeli, Norman, Rabenhorst, Ralfs, Roper, Schuman, W. Smith, Wallich, West u. A. zur Aufstellung ihrer Arten benützten Aufsammlungen, sowie Originale der neuen Arten, welche vom Herausgeber dieser Sammlung in seiner 1867 in London erscheinenden Synopsis Diatomacearum beschrieben werden, vertreten sein.

Bestimmung keinem Zweifel unterliegt. Die Sammlung wird daher eine vollständige Uebersicht der Diatomeen-Formen gewähren und zugleich durch ihre Authenticität sichere Anhaltspunkte für das Studium der Systematik darbieten.

Die Diatomeen sind auf abgerundeten Glasplatten, unter runden Deckgläsern, theils im trockenen theils im nassen Zustande, theils in Canadabalsam präparirt. Auf die Reinheit der Objecte sowie auf Sauberkeit und Haltbarkeit der Präparate ist alle Sorgfalt verwendet. Das Format der Objectträger ist das englische (3 Zoll lang und 1 Zoll breit), doch kann auf Verlangen auch das der deutschen mikroskopischen Vereine (48 Mm. lang und 28 Mm. breit) angewandt werden.

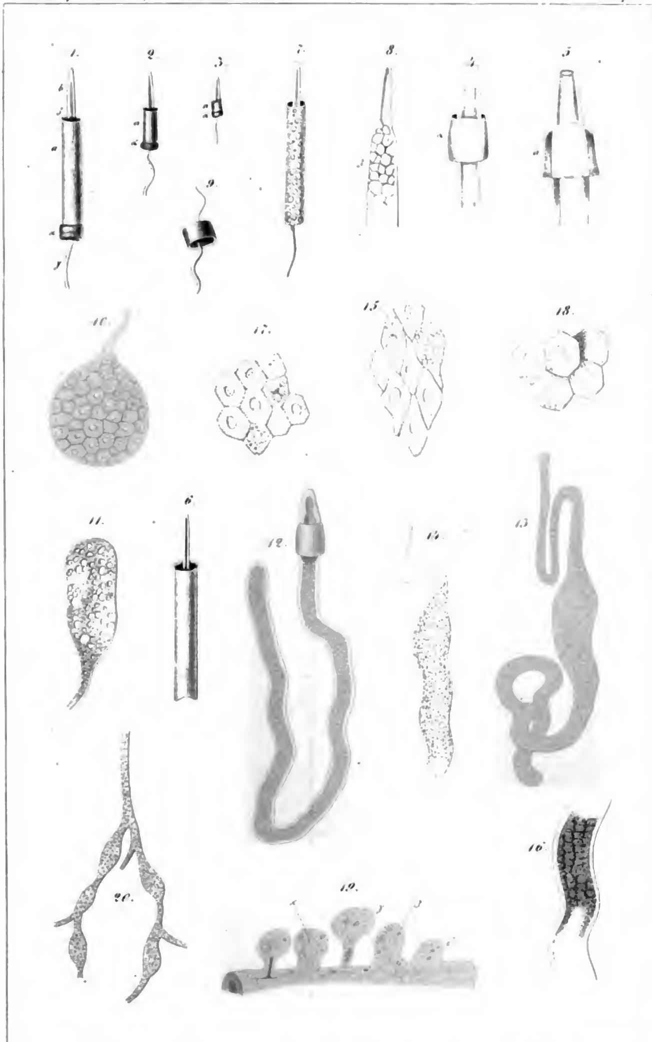
Die Auflage der Sammlung ist auf 25 Exemplare berechnet, wovon ein Theil bereits belegt ist. Die Subscription, die nur auf die ganze Sammlung stattfinden kann, bleibt bis 30. November offen; dieselbe beträgt 21 fl. rhein. = 12 Thlr. pr. Crt. = 44 Frcs. pro Lieferung von 100 Nummern. Den Bestellungen, welche zur Vermeidung von Aufschub bald möglich erbeten werden, kann der Betrag für die erste Lieferung beigefügt werden. Letztere wird im Januar nächsten Jahres, die übrigen in vierteljährigen Zwischenräumen zur Versendung kommen.

Zu weiterer etwa gewünschter Auskunft ist Unterzeichneter gern bereit.

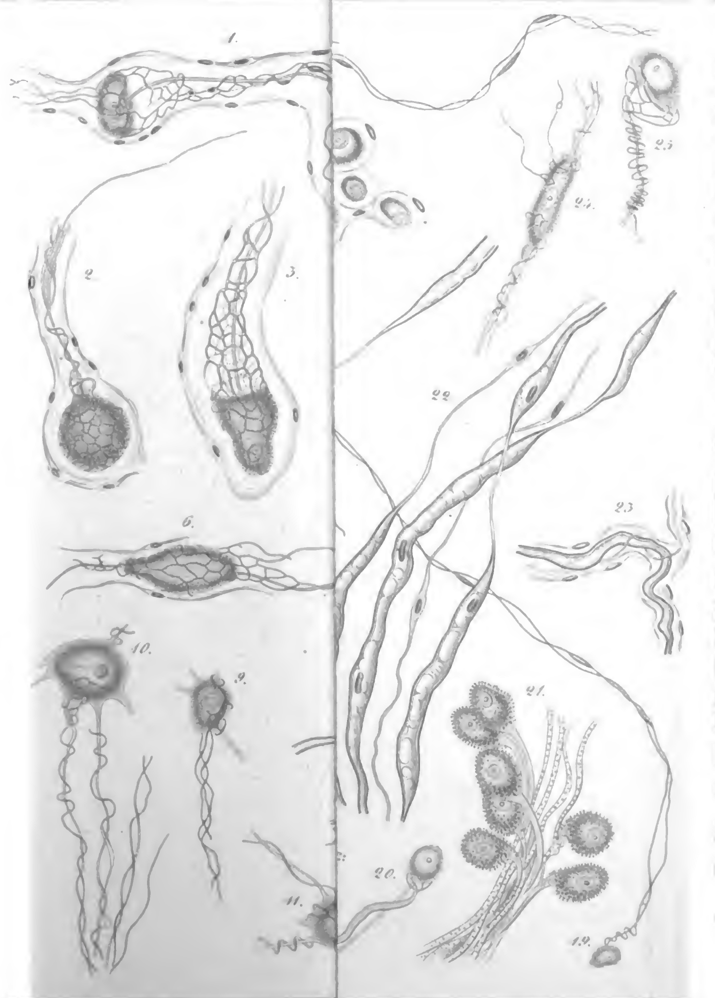
Stuttgart, den 30. October 1866.

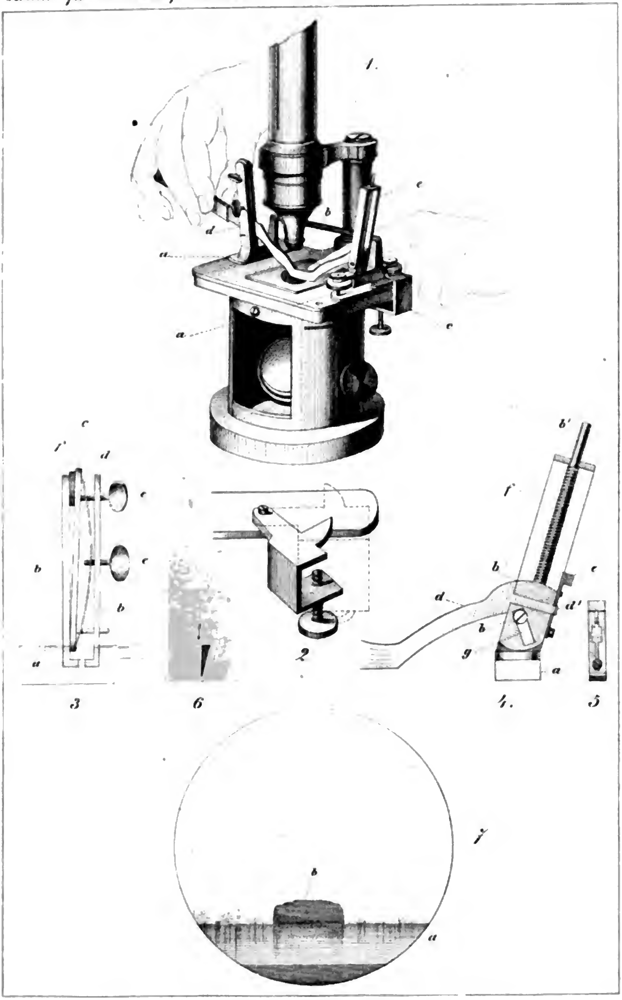
Th. Eulenstein.

Bonn, Druck von Carl Georgi.

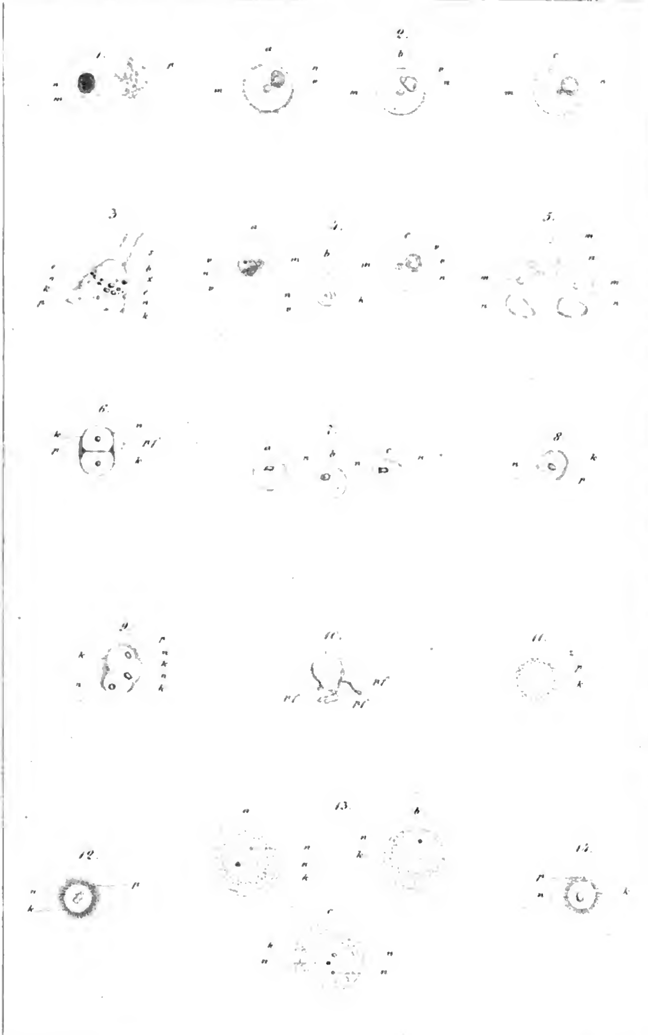


H. Cyffinger del. Wagenschieber sc.


1.
2.
3.
6.
10.
9.
11.
20.
19.
21.
22.
23.
24.
25.



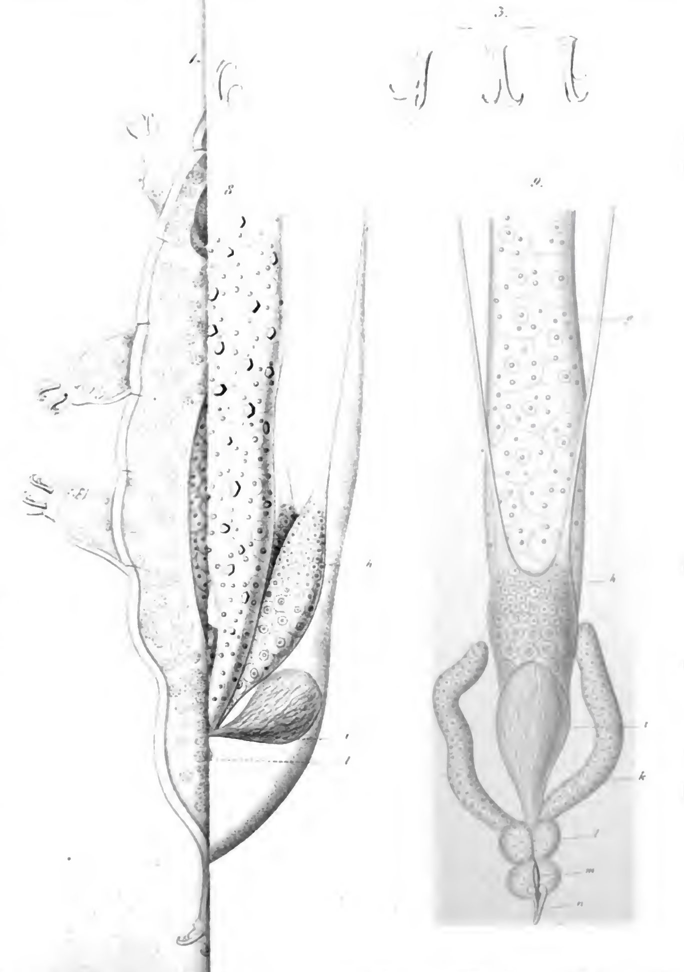
Lith. Anst. v. h. Schenck in Halle a/S.



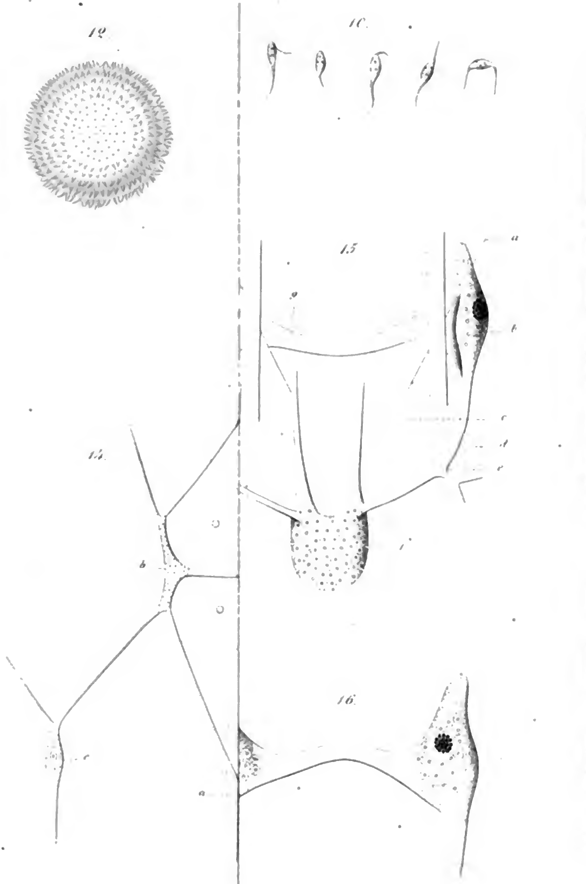
v. la Valette St. George del. Waernschieber sc.

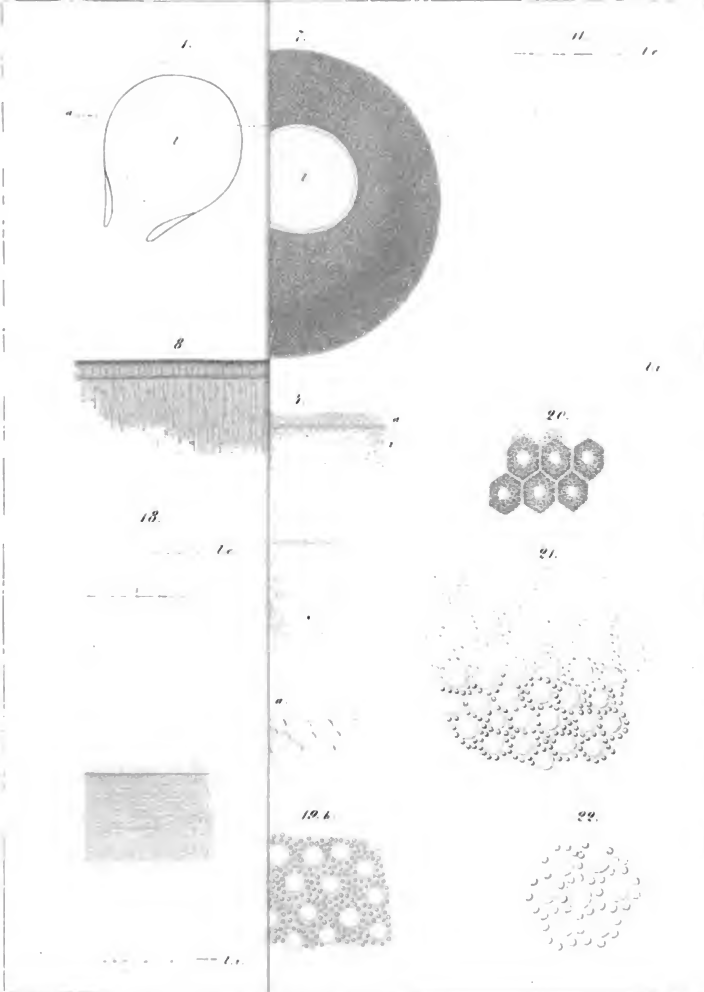


Wagenschieber sc.



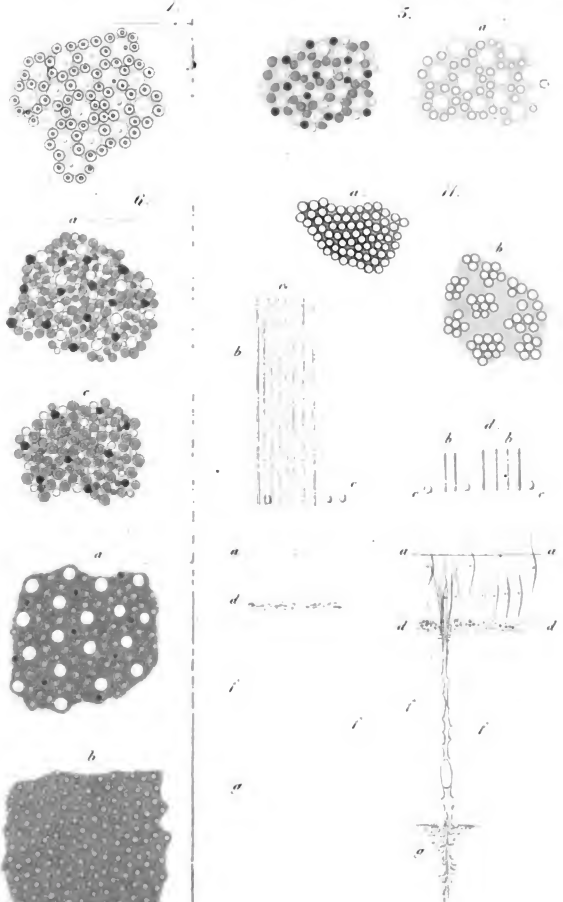
v. Graff del. Wagenschieber lith.

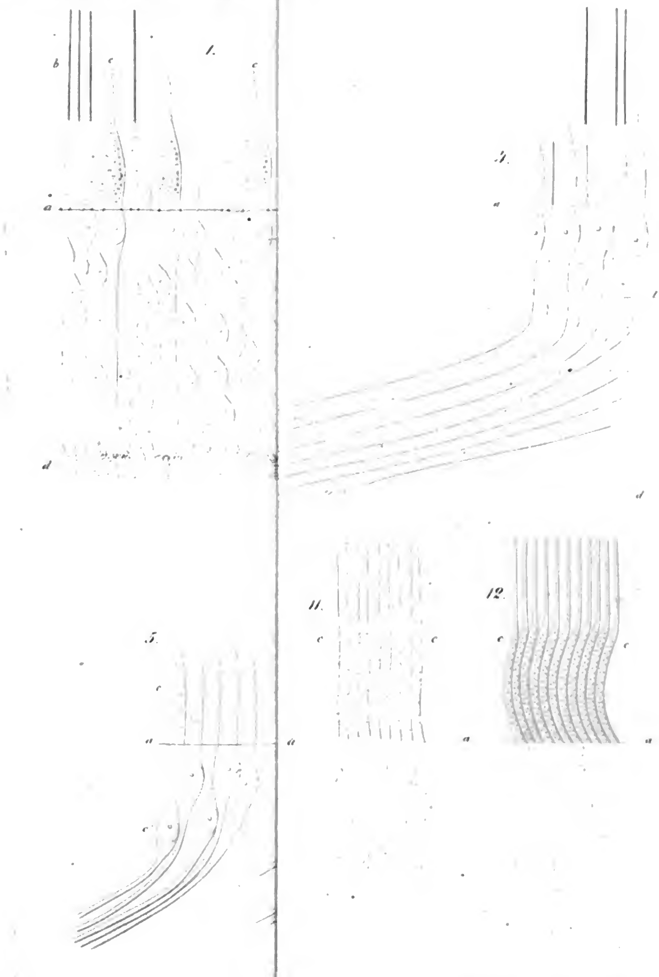

12.
13.
14.
15.
16.
a
b
c
d
e
f
g



M. Schultze del.

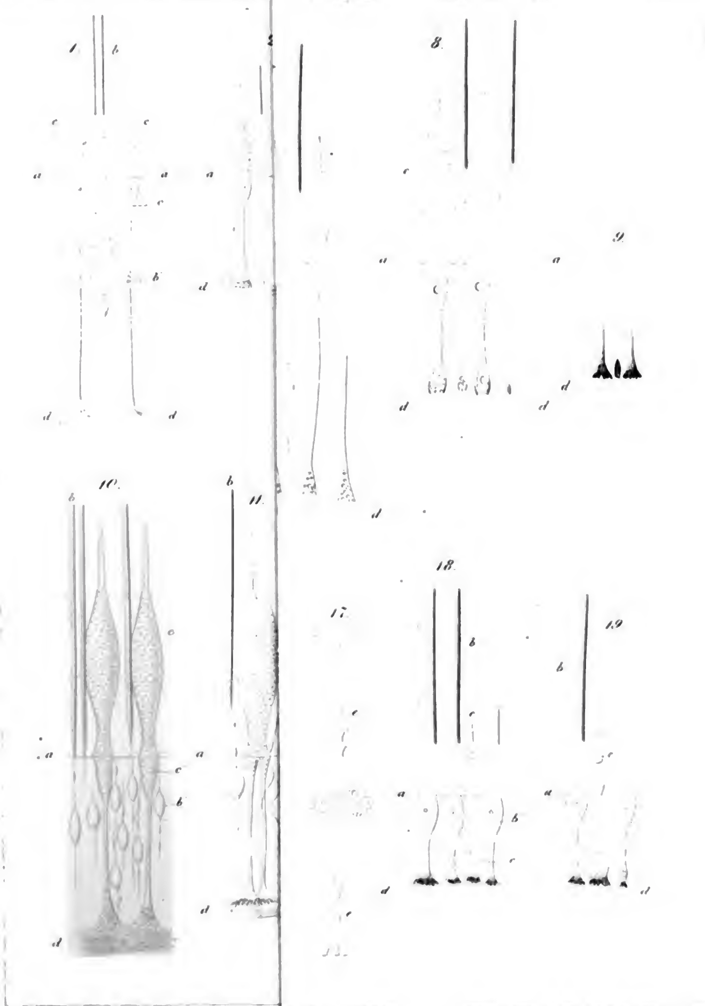
Wagenschieber


1.
5.
a
6.
a
11.
a
b
c
b
d.
b
b
c
c
a
a
a
d
d
d
b
f
f
f
f
g
g

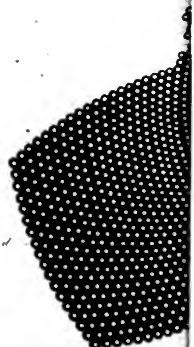


M. Schultze del.

Wagenschieber sc.

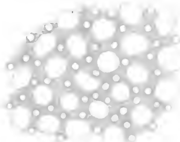


M. Schultze del. — Wagenschieber sc.



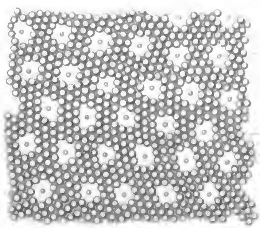
d

4.



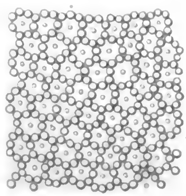
c
b

5.



c
b
b

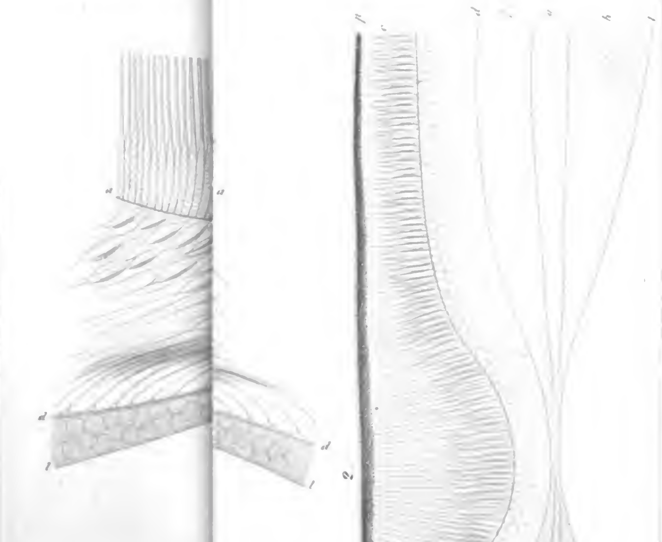
9.



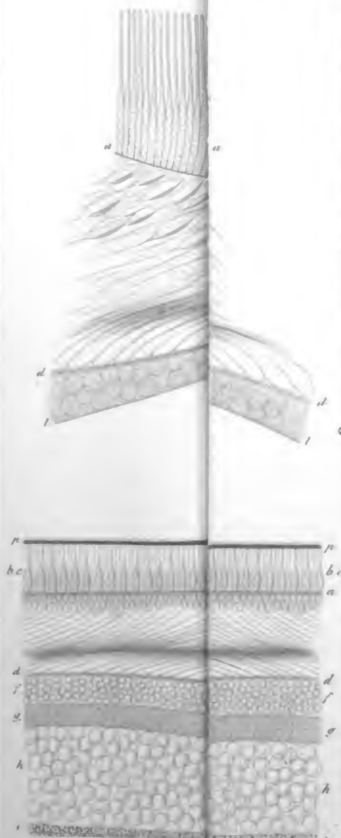
c
b
b

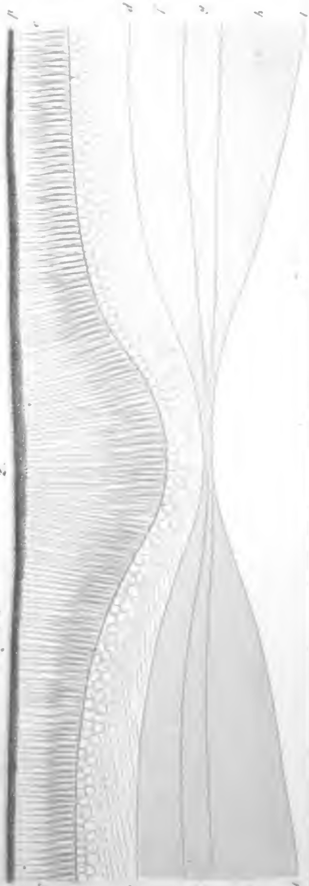
M. Schultze del.

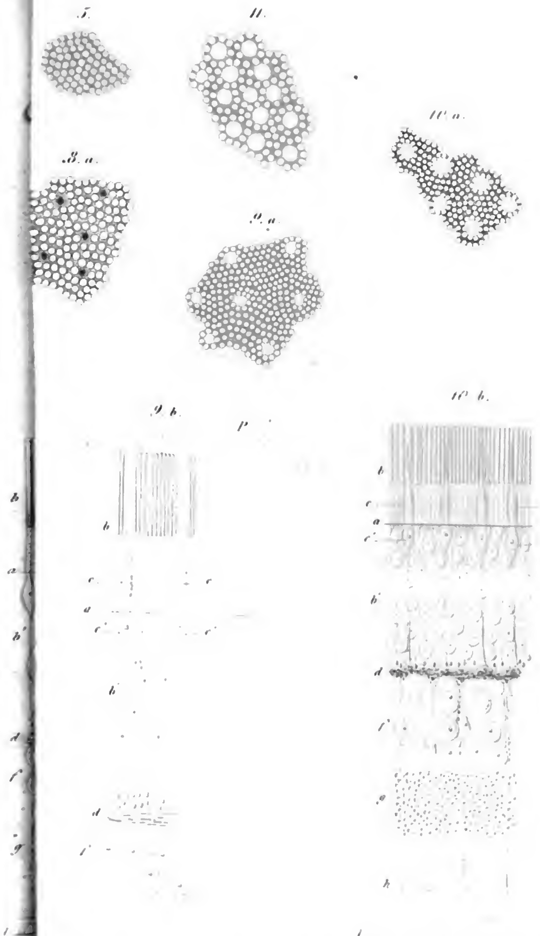
Wagenschieber sc.



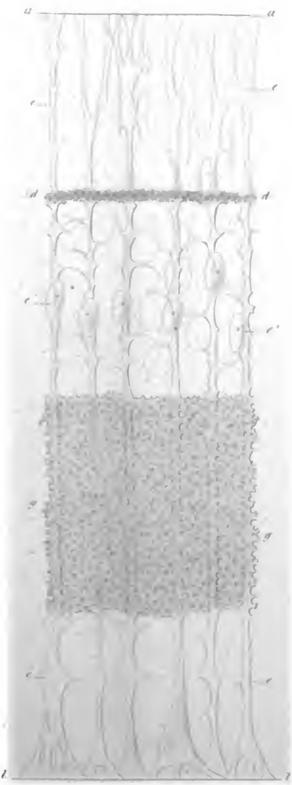
M. Schultze del.


a
a
d
d
l
l
p
p
b c
b c
a
d
d
f
f
g
g
h
h
i
i




5.
11.
10. a.
8. a.
9. a.
9. b.
10. b.

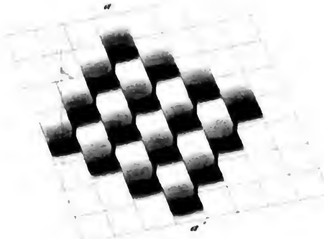
1.



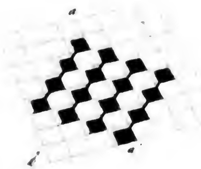
2.



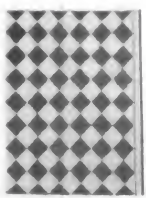
M. Schultze del. Wagenschieber sc.



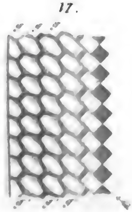
5. 7.



8.



V.

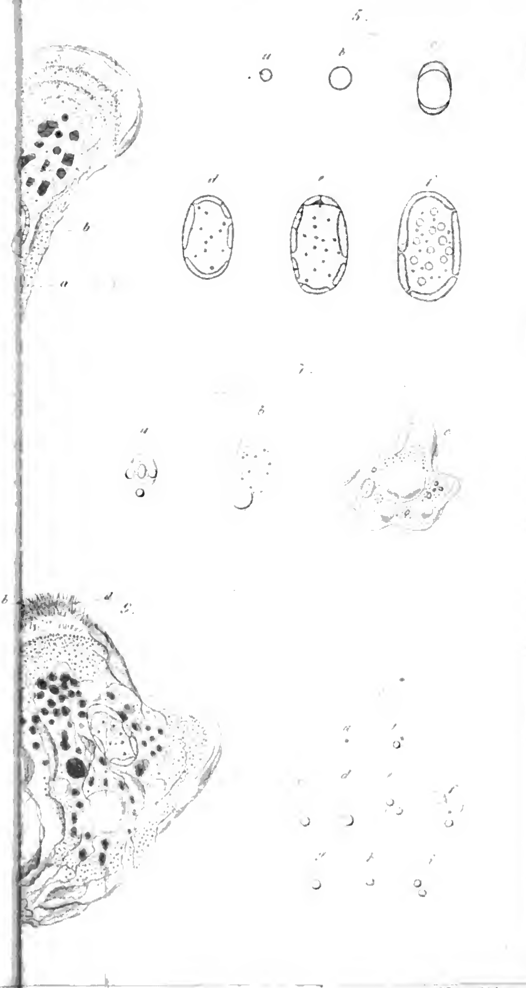


VI.





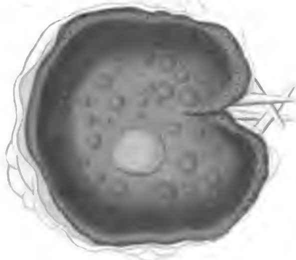
Wagenschieber sc.



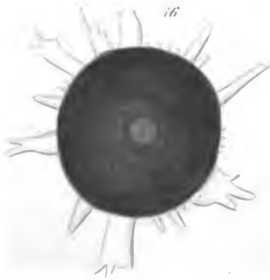
K.Greeff del. Wagenschieber sc.



15.



16



20.



21.



R. Greeff del.

Hagenbucher sc.

Archiv f.

Lenker

Fig V



Fig VI

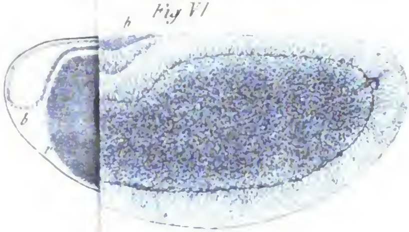
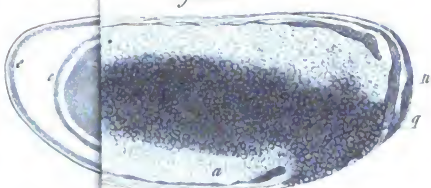
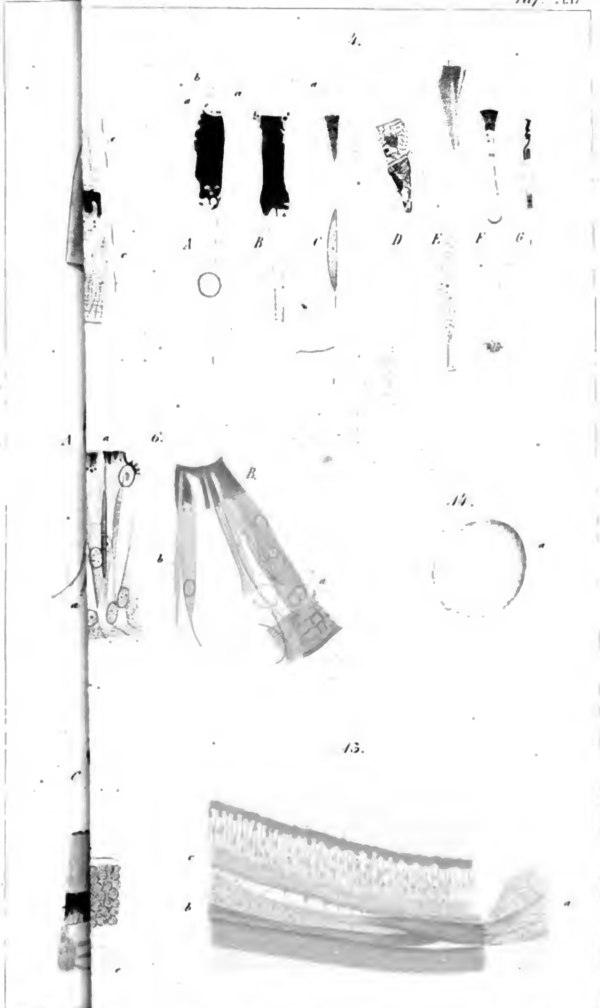


Fig VII



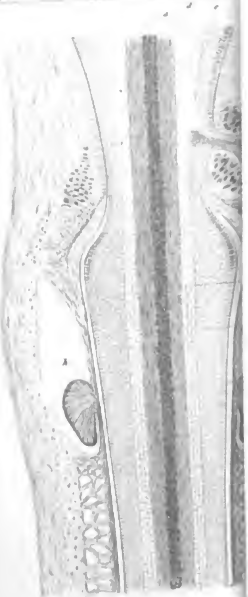
Fig VIII





Hensen et W

Wagenschieber sc



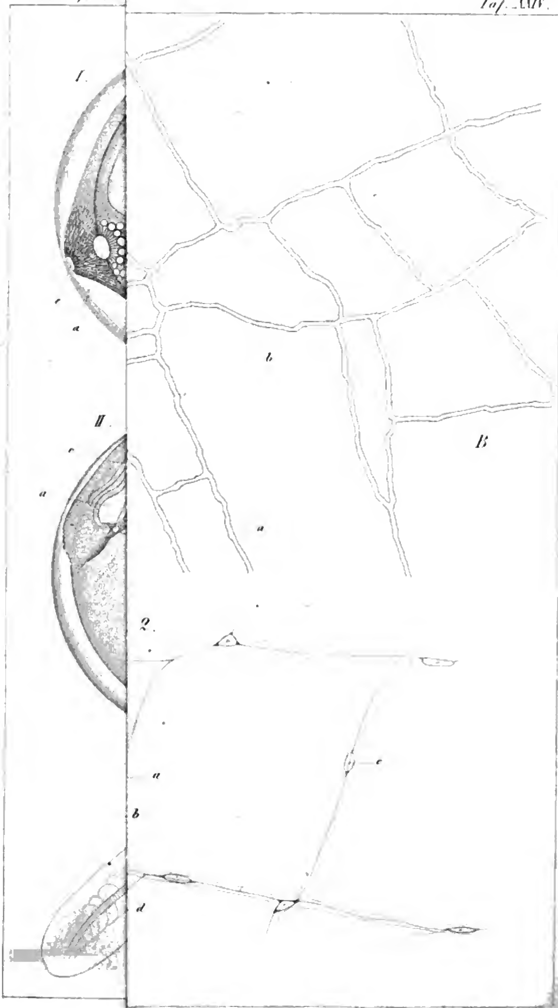




M. V. Odenius ad nat. del.



P. Marcks del.



Wagenschieber sc.



Eberth del.